



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

STUDIE PROPOJENÍ OBECNÍCH VODOVODŮ

STUDY OF INTERCONNECTION OF MUNICIPAL WATER MAINS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Mečír

PVEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. TOMÁŠ KUČERA, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Filip Mečír
Název	Studie propojení obecních vodovodů
Vedoucí práce	doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] NOVÁK, Pavel. Hydraulic modelling: an introduction ; principles, methods and applications. London: Spon Press, 2010, xiv, 599 s. ISBN 978-0-419-25010-4.
- [2] LIN, Shun Dar. Water and wastewater calculations manual. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007, 945 s. ISBN 00-714-7624-5.
- [3] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. Vodárenství: Studijní opora pro studijní programy s kombinovanou formou studia [online]. Brno: VUT v Brně, 2006 [cit. 2012-03-26].

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci bakalářské práce bude proveden návrh propojení dvou vodovodů Krumsín a Prostějovičky. Předpokládá se návrh přiváděcího řadu pro přivedení vody do obce Prostějovičky od Krumsína. Důvodem navrhovaného propojení je nedostatečná kapacita vodního zdroje obce Prostějovičky. Práce bude mít formu technicko-ekonomické studie.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a porovnáním několika variant propojení obecních vodovodů obcí Krumsín a Prostějovičky (okres Prostějov). V teoretické části je výčet základních předpisů oboru vodovodů a kanalizací a stručný přehled základních pojmů a požadavků na vodovodní síť. Praktická část seznamuje čtenáře se současným stavem v obou obcích a pokračuje návrhem několika variant zásobování obce Prostějovičky z vodovodu Krumsín včetně stanovení přibližných nákladů na realizaci a provoz. Součástí je i hydraulický model pomocí programu EPANET 2.0. Závěrem je doporučena jedna z variant k realizaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodárenské soustavy, hydraulická analýza, zásobování pitnou vodou

ABSTRACT

This bachelor thesis describes planning and analysis of several variants of interconnection of two municipal water supply systems in villages Krumsín and Prostějovičky (Prostějov district). The thesis contains an overview of basic legislative regulations and technical standards. Then there is an overview of basic terms and technical requirements of water distribution systems. Practical part of this thesis describes current state of both water mains. Next part is design of interconnection. This part includes hydraulic analysis in EPANET 2.0. The economic assesment of interconnection is also included. In the end, author recommend one variant for future planning.

KEYWORDS

Water distribution systems, hydraulic analysis, drinking water supply

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Filip Mečír *Studie propojení obecních vodovodů*. Brno, 2021. 70 s., 37 s. příl.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Studie propojení obecních vodovodů* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

Filip Mečíř
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Studie propojení obecních vodovodů* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

Filip Mečíř
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Tomášovi Kučerovi, Ph.D. za odborné vedení, podnětné připomínky a čas, který mi při konzultacích věnoval.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Alešovi Zapletalovi a Zdeňce Růžičkové za poskytnutí podkladů pro vypracování této studie.

OBSAH

1	ÚVOD.....	4
2	POŽADAVKY NA VODOVODNÍ SÍŤ.....	5
2.1	Vodovody z pohledu územní působnosti	5
2.2	Vodovodní síť	5
2.2.1	Požadavky na tlakové poměry ve spotřebišti	6
2.3	Vodojemy	6
2.3.1	Dimenzování vodojemů	9
2.4	Čerpací stanice	10
2.4.1	Stavební část	11
2.4.2	Strojní část	11
2.4.3	Elektrotechnická část	12
3	VSTUPNÍ PODKLADY.....	13
3.1	Geodetické zaměření.....	13
3.2	Geologický průzkum.....	14
3.3	Dokumentace objektů a sítí.....	14
4	SOUČASNÝ STAV	15
4.1	Vodovod Krumsín.....	16
4.1.1	Čerpací stanice Krumsín	16
4.1.2	Vodojem Krumsín	18
4.2	Vodovod Prostějovičky	19
4.2.1	Zdroje pitné vody	21
4.2.2	Vodojem Prostějovičky.....	22
5	NÁVRH ŘEŠENÍ.....	27
5.1	Varianta Dlouhá.....	27
5.1.1	Návrh čerpadel.....	28

5.2	Varianta Krátká.....	29
5.2.1	Návrh čerpadel.....	31
5.3	Varianta Přímá.....	32
5.4	Společné objekty a změny stávajících objektů	33
5.4.1	Úpravy na VDJ Krumsín	33
5.4.2	ČS Prostějovičky	33
6	HYDRAULICKÁ ANALÝZA.....	36
6.1	Stanovení potřeby vody	36
6.2	Tvorba modelu stávajícího stavu.....	37
6.3	Hydraulická analýza stávajícího stavu.....	41
6.4	Tvorba modelu propojených vodovodů	45
6.5	Hydraulická analýza I. varianty	45
6.6	Hydraulická analýza II. varianty.....	46
6.7	Diskuze výsledků hydraulické analýzy.....	50
7	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	52
7.1	Náklady ostatních opatření	55
7.1.1	Řešení odpadu z VDJ Prostějovičky.....	56
8	ZÁVĚR.....	58
9	SUMMARY.....	61
10	CITOVANÁ LITERATURA.....	62
	SEZNAM TABULEK	66
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	69

SEZNAM PŘÍLOH.....	70
---------------------------	-----------

1 ÚVOD

Problematika nedostatku vodních zdrojů se dostala do povědomí široké veřejnosti zejména díky suchu v roce 2015, ovšem propojování lokálních vodovodů a vodárenských soustav není novinkou posledních let. K propojování vodovodů dochází již desítky let z různých důvodů – vyčerpání lokálních zdrojů vody či překročení jejich kapacit, nedostupnost kvalitní vody ve zdrojích i změny klimatu a s tím spojený nedostatek vody ve zdrojích. Důkazem tohoto je vznik oblastních vodovodů (např. Vířský a Ostravský), skupinových vodovodů (např. Prostějov, Olomouc, Uničov) a vodárenských soustav (např. Vodárenská soustava východní Čechy, Vodárenská soustava jižní Čechy). V návaznosti na sucha posledních let věnuje pozornost tomuto tématu i laická veřejnost, která si tuto problematiku začala uvědomovat zejména kvůli častějšímu omezování odběrů vody z vodovodů pro závlahy a doplňování bazénů.

Cílem této bakalářské práce je vytvoření variantní technicko-ekonomické studie propojení vodovodů obcí Krumsín a Prostějovičky. Obec Prostějovičky má vodovod zásobovaný z lokálních zdrojů – vlastních vrtů, zatímco v obci Krumsín se dokončuje vodovod napojený na skupinový vodovod Pomoraví. Zdrojem vody této části skupinového vodovodu jsou vodní zdroje vodovodní sítě města Prostějov. Obec Prostějovičky se potýkala s nedostatkem vody ve vlastním zdroji, což bylo zatím vyřešeno vybudováním nového místního zdroje. V období, kdy nebyla ve zdroji voda, se řešilo zásobování pitnou vodou návozem pitné vody do vodojemu autocisternami.

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Úvodní kapitoly se zabývají problematikou vodovodů a běžnými projekčními požadavky na vodovody.

Praktická část nejdříve představí současný stav v lokalitě. V jednotlivých kapitolách budou představeny různé varianty řešení, jejichž součástí bude i výstup z hydraulického modelu vodovodní sítě v modelu EPANET. Pro každou variantu budou stanoveny předpokládané náklady na realizaci. Závěrem bude provedeno zhodnocení pozitiv a negativ jednotlivých návrhů a bude doporučena jedna varianta k další projekční činnosti.

2 POŽADAVKY NA VODOVODNÍ SÍTĚ

Tato kapitola je stručným přehledem technických požadavků na součásti vodovodní sítě a jsou v ní uvedeny základní předpisy oboru vodovodů a kanalizací.

2.1 VODOVODY Z POHLEDU ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI

Vodovodní sítě můžeme dle územní působnosti rozdělit na [1]:

- místní vodovody, ve kterých je voda jímána, upravována a dodávána v rámci jednoho spotřebiště,
- skupinové vodovody, které jsou složeny z nadřazené soustavy a místních soustav – spotřebišť. Zahrnují obvykle jeden nebo více zdrojů a alespoň dvě spotřebiště.

Výše uvedené rozdělení může být také označováno jako jednostupňové (místní vodovody) a dvoustupňové (skupinové). [2]

Skupinové vodovody můžou být také označovány jako oblastní. V takovém případě se jedná o vodárenské soustavy zásobující rozsáhlá území označovaná jako oblasti – regiony. [3] Většinou se jedná o území několika okresů s případným přesahem přes hranice kraje. Můžeme o nich hovořit jako o vodárenských soustavách. Oblastní vodovody začaly vznikat v období po 2. světové válce. Potřeba takových soustav byla dána hospodářským růstem s požadavkem na plošné zásobování pitnou vodou. Charakteristické je pro ně velké množství objektů, složitost řízení a doprava vody na velké vzdálenosti. Velkou výhodou těchto soustav je vyšší zabezpečení dodávky pitné vody oproti lokálním vodovodům. [4]

2.2 VODOVODNÍ SÍŤ

Základní požadavky na vodovodní sítě vychází zejména ze zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů. Prováděcí vyhláškou k tomuto zákonu je vyhláška č. 428/2001 Sb. kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů. Tato vyhláška stanovuje ve svém § 15 technické požadavky na stavbu vodovodů. Zejména jsou důležité požadavky na návrh kapacity řadů, tlakové poměry v rozvodné síti a minimální sklony vodovodního potrubí.

Vyhláška o vodovodech a kanalizacích stanovuje, že vodovodní potrubí se navrhuje dle ČSN 75 5401 Navrhování vodovodních potrubí a dle TNV 755402 Výstavba vodovodních potrubí. Dále

vyhláška požaduje prokázání vodotěsnosti potrubí dle normy ČSN 75 5911 Tlakové zkoušky vodovodního a závlahového potrubí. To je zajímavé, neboť dle Změny Z1 této normy jsou od března 2007 předmětem normy tlakové zkoušky závlahových potrubí a tlakové zkoušky vodovodního potrubí v případě, že se jedná o podtlakové potrubí (násosky), případně při opravách a připojování nového potrubí ke stávajícímu. V případě zkoušení jiného vodovodního potrubí se postupuje dle ČSN EN 805 Vodárenství – Požadavky na vnější sítě a jejich součásti.

2.2.1 Požadavky na tlakové poměry ve spotřebišti

Maximální hydrostatický tlak v rozvodné síti smí být 0,6 MPa, v odůvodněných případech 0,7 MPa. Minimální hydrodynamický tlak musí být alespoň 0,25 MPa, pokud je zástavba do dvou nadzemních podlaží, pak postačuje přetlak alespoň 0,15 MPa. [5]

Dále jsou kladeny požadavky na přetlak u požárních hydrantů. U těch je normou ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou stanoven minimální přetlak 0,2 MPa.

2.3 VODOJEMY

Vodojemy slouží ke krátkodobé akumulaci vody ve vodárenských soustavách. [4]

Vodojemy se zabývají zejména následující normy

ČSN 75 5355 Vodojemy,

ČSN EN 1508 Vodárenství – Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody,

ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží.

V rámci provozní bezpečnosti jsou dále podstatné tyto normy

ČSN 75 0748 Žebříky pevně zabudované v objektech vodovodů a kanalizací,

ČSN EN ISO 14122-4 Trvalé prostředky přístupu ke strojním zařízením.

Vodojemy slouží primárně pro vyrovnání rozdílů mezi přítokem a odběrem vody do spotřebiště, tím dosahují hospodárného návrhu rozvodné sítě, optimálního využití vodních zdrojů a přívodních řadů [6].

K dalším funkcím vodojemů patří

- vytvoření potřebné zásoby vody pro mimořádné události – např. hašení požáru dle ČSN 75 2411 a ČSN 73 0873, nebo pro případ poruchy [4],

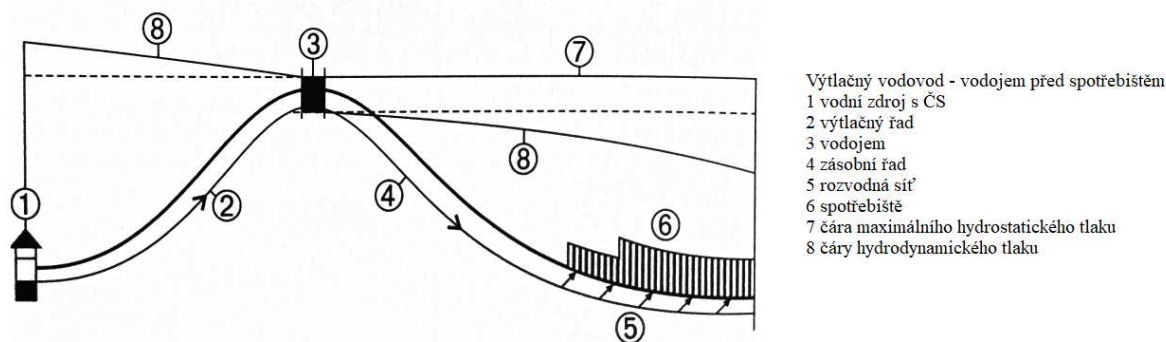
- vytváření potřebných minimálních přetlaků ve spotřebišti a nepřekročení maximálních povolených. [6]

Vodojemy lze rozlišovat dle následujících kritérií

- 1) účel,
 - a) vodojem akumulací,
 - b) vodojem hlavní,
 - c) vodojem pásmový (přerušovací),
 - d) vodojem požární,
- 2) umístění,
 - a) vodojem před spotřebištem (čelní),
 - b) vodojem v těžišti spotřeby (ve spotřebišti),
 - c) vodojem za spotřebištem (koncový),
 - d) vodojem čelní a koncový,
- 3) konstrukce, tvaru a umístění akumulacních prostor. [4]

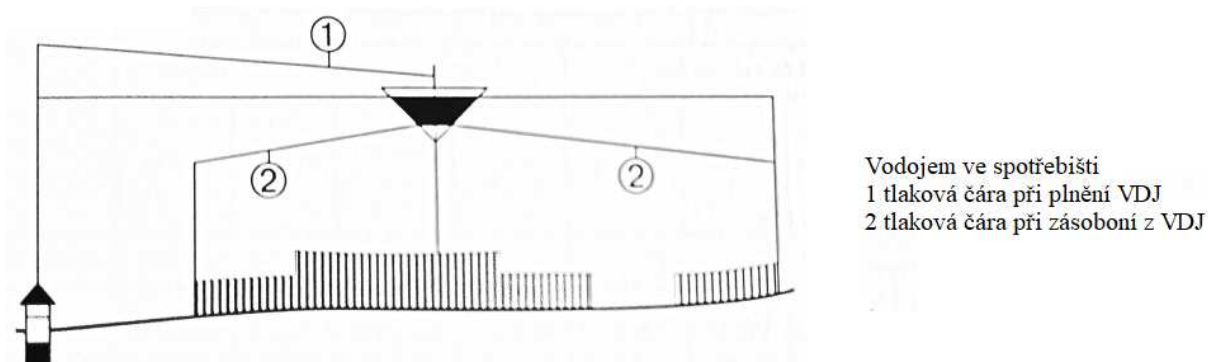
Při **návahu umístění a typu vodojemu** se musí zohlednit několik různorodých požadavků – zajištění tlakových poměrů, zabezpečení dodávky vody, umístění vůči zdroji vody pro snížení provozních nákladů na čerpání a zároveň umístění vůči těžišti spotřeby kvůli minimalizaci tlakových ztrát v potrubí, přiměřenou zásobu vody ve vodojemu z pohledu různých účelů [porucha, zásobování požární vodou) atd. [7] Umístění též značně ovlivňují i požadavky na nenáročný příjezd a často i na nutnost napojení na přívod elektrické energie. [4]

Vodojem před spotřebištem je zásobován přímo z vodního zdroje a následně se z něj hlavním řadem odvádí voda do spotřebiště. [7] Z tohoto důvodu je také tento typ nazýván průtokovým. Předností tohoto uspořádání je jednoznačné určení tlakových a průtokových poměrů, nevýhodou je nižší zabezpečení dodávky vody způsobená přítokem pouze z jedné strany spotřebiště a vyšší provozní náklady kvůli nutnosti přečerpání celého objemu vody do vodojemu. [4] K záporům tohoto uspořádání také patří nevýhodné tlakové poměry ve vzdálených částech spotřebiště vlivem tlakových ztrát způsobených třením po délce potrubí [7].



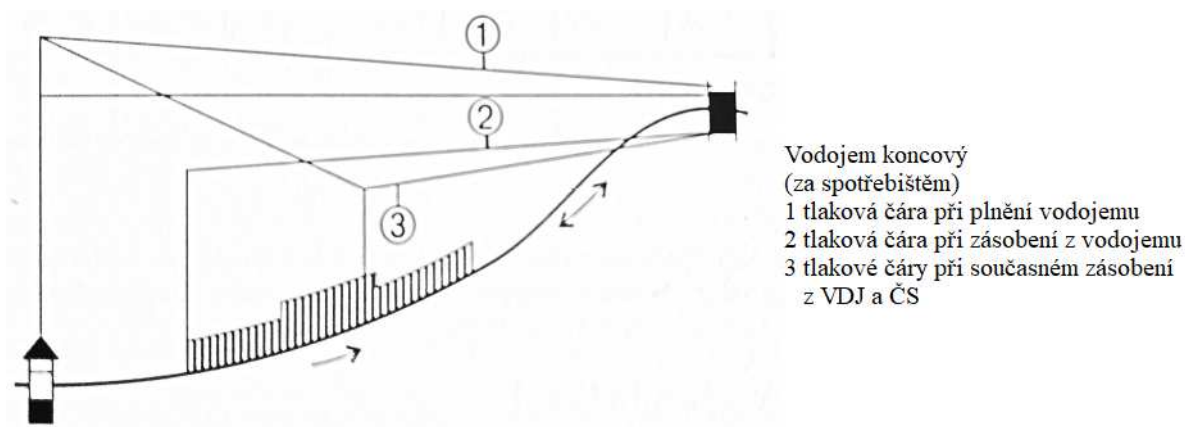
Obr. 2.1 Vodojem před spotřebištěm [4]

Vodojem ve spotřebišti je nejčastěji proveden jako věžový. Z pohledu tlakových poměrů v síti je nejvýhodnějším umístěním. Díky jeho pozici jsou hlavní zásobovací řady krátké a je možné na ně použít potrubí menší jmenovité světlosti, což se projevuje v ekonomice výstavby. Nejvhodnější je takové provedení v rovinatém území, kde lze uvažovat pouze s výstavbou nadzemního vodojemu. [7] Vodojem může být řešen jako průtočný, ale i jako koncový, dle provedení zásobovacího potrubí.



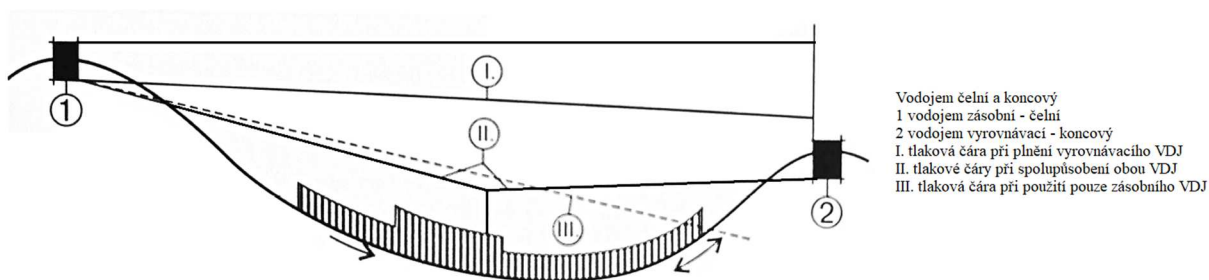
Obr. 2.2 Vodojem ve spotřebišti [4]

U **vodojemu za spotřebištem** je hlavní výhodou omezení spotřeby energie na čerpání – do vodojemu se nemusí vyčerpat celý objem vody, protože hlavní zásobovací potrubí spotřebiště plní zároveň funkci výtlačného potrubí vodojemu. Zároveň poskytuje vysokou míru zabezpečení dodávek vody, protože v případě poruchy na úseku mezi zdrojem vody a spotřebištem je spotřebiště zásobováno z vodojemu a naopak. Nevýhodou tohoto provedení je většinou velký rozkyv tlaků při přechodech mezi jednotlivými režimy provozu. [7] Tyto změny v průtokových a tlakových poměrech mohou být příčinou zvržení sedimentů v potrubí a přechodného zhoršení senzorických vlastností vody.



Obr. 2.3 Koncový vodojem – průběh tlaků [4]

V případě složitějších poměrů ve spotřebišti (např. jeho velké rozlohy) je vhodné navrhnout kombinaci vodojemu zásobního (čelního, průtokového) a vyrovnávacího (koncového) tzv. protivodojemu. Toto uspořádání se pak označuje jako **vodojem před a za spotřebišťem**. [7]



Obr. 2.4 Vodojem před a za spotřebišťem [4]

V rámci výstavby vodojemů je vhodné využívat výhod prefabrikace, kdy se může výrazně zkrátit jak délka projekčních prací, tak i délka samotné výstavby. [7] Tato prefabrikace nemusí omezit architektonickou hodnotu stavby – viz například vodojem Centr – „Pyramida“ u Rudíkova.

2.3.1 Dimenzování vodojemů

Jedná se o jeden ze stěžejních úkolů projektanta při návrhu vodojemu. Lze využít početní nebo grafické metody.

Celkový objem zásobního prostoru se vypočte jako [4]

$$A = A_n + A_{\text{pož}} + A_{\text{por}},$$

kde A_n je objem nutný pro vyrovnání rozdílů mezi přítokem do vodojemu a odběrem spotřebiště,

$A_{pož}$ je zásoba vody pro požární zabezpečení spotřebiště (dle ČSN 73 0873),

A_{por} je potřebná zásoba vody pro případy havárií.

A_n se vypočte podle vztahu

$$A_n = X/100 \cdot Q_d,$$

kde X je akumulací procento, stanovení lze provést graficky nebo tabelárně,

Q_d je maximální denní potřeba vody.

$A_{pož}$ se stanoví dle ČSN 73 0873 dle následujícího vztahu

$$A_{pož} = 3,6 \cdot Q_p \cdot t \cdot n,$$

kde Q_p je odběr požární vody v $l \cdot s^{-1}$ dle ČSN 73 0873 Zásobování požární vodou,

t je doba požadované dodávky požární vody – minimálně 0,5 hod,

n je počet odběrných míst.

A_{por} je stanoveno dle vztahu

$$A_{por} = Q_m / 24 \cdot T$$

kde Q_m je maximální denní potřeba vody,

T je doba trvání poruchy na přívodní straně (většinou v rozmezí 6–12 hodin).

2.4 ČERPACÍ STANICE

Dle způsobu dopravy vody dělíme vodovody na gravitační a na výtlačné. Ve výtlačných vodovodech je k přepravě vody zapotřebí dodat energii – pomocí čerpadel v čerpacích stanicích. [8]

Vodárenské čerpací stanice lze dělit podle [9]

1) stavebního uspořádání,

a) samostatné čerpací stanice – tvoří samostatný stavební celek [10],

b) čerpací stanice nad studnou – většinou malý stavební objekt s omezeným počtem čerpadel [10],

- c) čerpací stanice u vodojemů a nad akumulacími prostory – sací potrubí zapojeno do akumulčního prostoru, konstrukce podobná samostatným čerpacím stanicím [9],
 - d) čerpací stanice v úpravkách vody – tvoří nedílnou součást úpravky, uspořádání vyhovuje provozním potřebám úpravky [10],
- 2) konstrukce čerpacích agregátů,
 - a) rotační,
 - b) kmitavá,
 - c) ostatní,
 - 3) umístění strojního zařízení,
 - a) suchá jímka,
 - b) mokrá jímka,
 - 4) způsobu obsluhy a ovládání,
 - a) ruční ovládání (stálá obsluha),
 - b) poloautomatické ovládání,
 - c) automatické ovládání (přenášení všech důležitých provozních parametrů na dispečink – pohyby hladin, změny tlaku, průtoky, poruchy),
 - 5) účelu v soustavě (např. čerpací stanice surové vody, přečerpávací stanice atd.).

2.4.1 Stavební část

Dispozice každé čerpací stanice musí vycházet z mnoha proměnných – základových poměrů, z podmínek nasávání kapaliny, požadavků na výtlačnou výšku a průtočné množství, z požadavků na technologické uspořádání potrubí a požadavků provozovatele vodovodu. [9]

Prvkem každé čerpací stanice je strojovna. Dle stupně důležitosti, požadavků provozovatele a stupně automatizace může být čerpací stanice rozšířena o další prostory, jako je sklad dílů, místnost obsluhy s hygienickým zázemím, dílna a další. [10]

Strojovna musí umožňovat jednoduchou, bezpečnou obsluhu a snadnou údržbu. Velikost strojovny závisí na uspořádání čerpadel, typu a způsobu pohonu, uspořádání sacího a výtlačného potrubí, množství strojního vybavení a elektro zařízení.

2.4.2 Strojní část

V rámci vybavení čerpací stanice musí být zřízena minimálně dvě čerpadla. [11] Čerpadla musí být uložena tak, aby nedocházelo k přenosu vibrací na ostatní stavební konstrukce. [10]

Při návrhu strojní části je nutno řešit vodní rázy vznikající při provozu čerpadel, ať už se jedná o pozitivní, nebo negativní vodní rázy. Tyto bývají řešeny nejčastěji pomocí tlakových nádob (větrníků, vzdušníků), případně tlumicích ventilů. [9] Dále se jejich vzniku zabraňuje užitím frekvenčních měničů.

2.4.3 Elektrotechnická část

Rozsah instalace elektrických zařízení se značně liší dle velikosti a umístění čerpací stanice. Velký vliv mají též požadavky na systémy dálkového řízení.

Dle normy ČSN 34 1610 Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách jsou nejčastěji čerpací stanice zařazovány do stupně dodávky elektrické energie 3, pro systémy MaR (měření a regulace) je stanoven většinou stupeň 1. V opodstatněných případech (například pro zásobování požární vodou dle ČSN 73 0873, případně kritické čerpací stanice) však můžou být čerpací stanice zařazeny do vyšších stupňů dodávky elektrické energie. Obvykle se ale zřizuje minimálně přípojně místo pro mobilní náhradní zdroj (dieselagregát), i když se čerpací stanice zatřídí do stupně 3.

Jednou z podstatných částí dokumentace elektrotechnické části je tzv. protokol o stanovení vnějších vlivů. Tento se sestavuje dle normy ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy. Tento protokol vyhotovuje komise, jejímiž členy by měli být zúčastnění projektanti (PBŘ, elektro, strojní, MaR atd.), zástupce investora/provozovatele a předsedou bývá hlavní inženýr projektu. [12]

3 VSTUPNÍ PODKLADY

3.1 GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ

Bylo využito pravidelně aktualizovaného zaměření obce Krumsín (pravidelné aktualizace provádí Geodetika Prostějov), dále bylo použito zaměření vodovodu Prostějovičky zpracované v roce 2016 firmou Geo Marchovsky, s.r.o.

Pro doplnění údajů o extravilánu obcí byla využita data poskytnutá Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním v rozsahu: digitální model reliéfu 5. generace, ortofoto a státní mapa v měřítku 1 : 5000.

Dále bylo pro potřeby této studie provedeno tachymetrické doměření některých problematických míst, zejména nadmořské výšky vodojemu. Rovněž bylo provedeno výškové měření na vodovodní síti, čímž bylo zjištěno, že výšky uvedené v zaměření vodovodu Prostějovičky (poskytnuto zástupcem provozovatele vodovodu Prostějovičky Ing. Alešem Zapletalem) jsou výškami terénu, nikoliv armatur a lomových bodů potrubí. Toto dále korespondovalo s daty digitálního modelu reliéfu 5. generace, kdy rozdíl ve výšce bodu v DMR 5G a bodem zaměření skutečného provedení byl v řádu jednotek až desítek cm – tj. v rámci přesnosti DMR. Měření bylo prováděno pomocí totální stanice TOPCON GTS 602 za využití státního bodového pole a stávající sítě pomocných měřických bodů. Protokol z měření je přílohou této práce. Výsledky činnosti jsou uvedeny v závazných souřadnicových systémech. Samotné měření probíhalo polární metodou s určením výšek trigonometricky. V případě doměření výšky podlahy vodojemu Prostějovičky bylo využito trigonometrické určení výšek z vytvořeného bodového pole. Polohopisná měření probíhala ze stanovisek určených pomocí oboustranně připojeného jednostranně orientovaného polygonu. Jednotlivé body polygonu byly stabilizovány dočasně (pomocí nastrelovacích hřebů). Byly dodrženy požadavky na mezní délku polygonů, mezní délku strany polygonů a mezní odchylky v uzávěru pořadu dle následující tabulky.

Tab. 3.1 Geometrické parametry a přesnost polygonových pořadů [13]

Připojovací body	Mezní délka strany [m]	Mezní délka pořadu s [m]	Mezní odch. v uzávěru pořadu	
			Úhlova [mgon]	Polohová [m]
ZPBP, ZhB	200-1500	5000	$25(n+2)^{1/2}$	$0.0025(\Sigma s)^{1/2}+0.04$
ZPBP, ZhB	50-400	3000	$100(n+3)^{1/2}$	$0.005(\Sigma s)^{1/2}+0.04$
PPBP, ZPBP, ZhB	50-400	1500	$100(n+3)^{1/2}$	$0.005(\Sigma s)^{1/2}+0.10$

3.2 GEOLOGICKÝ PRŮZKUM

Pro potřeby této práce byly využity archivní dokumenty, geologická mapa České republiky a terénní průzkum. Zejména byl využit geologický průzkum provedený pro DÚR Vodohospodářská infrastruktura obce Krumsín.

V trase přivaděče se předpokládá výskyt hornin třetí a čtvrté třídy těžitelnosti dle ČSN 73 3050 Zemní práce. Tato norma je v současné době neplatná. Z pohledu platné normy ČSN 73 3055 Zemní práce při výstavbě potrubí se předpokládá výskyt zemin I. třídy těžitelnosti (skupina 3) a II. třídy těžitelnosti (skupina 4). V takovýchto zeminách by bylo možné provádět pokládku vodovodního přivaděče bezvýkopově – pluhováním. Tato metoda by zrychlila a zlevnila proces výstavby tohoto přivaděče. Je ovšem možné, že se v trase vyskytnou hůře těžitelné horniny, které by tuto metodu vyřadily jako nepoužitelnou v daných podmínkách. Z tohoto vyplývá nezbytnost provedení podrobného geologického průzkumu lokality, ve které se uvažuje s výstavbou přivaděče.

3.3 DOKUMENTACE OBJEKTŮ A SÍTÍ

Při tvorbě této bakalářské práce byly mimo jiné využity následující podklady:

DPS Vodohospodářská infrastruktura obce Krumsín – zásobování pitnou vodou, AQUA PROCON s.r.o., vedoucí projektu Ing. Petr Baránek, 02/2019,

DSPS Vodovod Prostějovičky, zaměření skutečného stavu, Geo Marchovsky,s.r.o., rok 2016,

Podklady provozovatele, poskytl Ing. Aleš Zapletal, Plumlov,

PRVK Olomouckého kraje.

4 SOUČASNÝ STAV

Praktická část se zabývá návrhem propojení obecních vodovodů obcí Krumsín a Prostějovičky – zájmová oblast je vyznačena na Obr. 4.1.



Obr. 4.1 Poloha zájmového území [13]

Obec Krumsín leží v jihozápadní části okresu Prostějov v Olomouckém kraji blízko města Plumlov. Obec se nachází v sousedství vojenského újezdu Březina. Ke dni 1. 1. 2020 bylo v obci 586 obyvatel. [14]

Obec se nachází na okraji II. vnitřního pásma hygienické ochrany vodního zdroje Kněží hora. V obci je v současné době vybudována jednotná kanalizace a obec je plynofikována. [15] Od roku 2019 probíhají práce na výstavbě vodovodu s plánovaným termínem dokončení k 30. 6. 2021. Od září roku 2020 probíhá výstavba nové splaškové kanalizace. Území obce je zastavěno převážně rodinnými domy, výrobní aktivity na katastru obce tvoří živnostenská a drobná podnikatelská výroba.

Obec Prostějovičky sousedí na své severní straně s katastrem obce Krumsín. Nadmořská výška intravilánu obce je 365–406 metrů nad mořem. K 1. 1. 2020 žilo v obci 306 obyvatel. V obci je

vybudován vodovod a plynovod. V obci je částečně vybudovaná dešťová kanalizace. Uvažuje se s výstavbou splaškové kanalizace s vlastní čistírnou odpadních vod. [16]

4.1 VODOVOD KRUMSÍN

Od roku 2019 probíhá v obci Krumsín výstavba vodovodu. Zhotovitelem zakázky Vodohospodářská infrastruktura obce Krumsín – zásobování pitnou vodou je Společnost Vodovod Krumsín, správce STRABAG a.s. se společníkem QUANTUM, a.s. [17]

Zdrojem vody pro vodovod v obci je Vodovod Pomoraví – předávací místo je ve vodoměrné šachtě Soběsuky. Přívodní řad D1 je veden přes pole do místní části „Na Aleji“ v Krumsíně. Potrubí řadu je z PE 100 RC 110x6,6 SDR 17. V lokalitě „Na Aleji“ vybudována čerpací stanice Krumsín, ze které vede výtlakový řad V1 do dvoukomorového zemního vodojemu v lokalitě „Osina“ při hranici s vojenským újezdem Březina o objemu $2 \times 100 \text{ m}^3$. Do obce vede zásobovací řad 1 z potrubí PE 100 RC 110x10 SDR 11. [18]

Území obce je rozděleno do tří tlakových pásem. I. tlakové pásmo je zásobováno z řadu 1 přes redukční ventil umístěný v armaturní komoře v lokalitě „U Dětského hřiště“. II. tlakové pásmo je zásobováno přímo z vodojemu Krumsín a III. tlakové pásmo je zásobováno ATS umístěnou ve VDJ Krumsín.

Obec Krumsín má s provozovatelem vodovodu v obci Soběsuky (INSTA CZ s.r.o.) uzavřenou Dohodu provozovatelů vodovodů provozně souvisejících. Smluvně zajištěné množství vody odebratelné ve vodoměrné šachtě Soběsuky je $50\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$, maximální denní množství je $150 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ a maximální okamžité množství je $2,0 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. IČME vodovodu Soběsuky je 7108-751898-47921129-1/1. Vodovodu Krumsín bude IČME teprve přiřazeno. [19]

4.1.1 Čerpací stanice Krumsín

Čerpací stanice je umístěna při západním okraji obce Krumsín. Půdorysný tvar je šestiúhelník, stavba je tvořena jedním nadzemním a jedním podzemním podlažím. V podzemním podlaží je umístěna armaturní výstroj a dvě vertikální čerpadla řízená frekvenčním měničem. Podlaha nadzemního podlaží je tvořena podestou z pozinkovaného pororoštu. Vnitřní povrchy stavby jsou tvořeny keramickým obkladem, keramickou dlažbou a pohledovým betonem.



Obr. 4.2 Pohled na ČS Krumsín [autor]

V 1. NP je umístěn rozvaděč technologie. Čerpadla jsou vybavena bypassem pro nouzové zásobování obce gravitačně z VDJ Ohrozim. V takovém případě je zásobováno I. tlakové pásmo obce Krumsín po nezbytné manipulaci s uzávěry v armaturní šachtě „U Dětského hřiště“.



Obr. 4.3 Armaturní šachta "U Dětského hřiště" [autor]

4.1.2 Vodojem Krumsín

Vodojem je koncipován jako zemní dvoukomorový železobetonový monolit s armaturní komorou, která je součástí objektu vodojemu. Vstup do akumulčních prostor a do armaturní komory vodojemu je společný. Uspořádání komor vodojemu je vedle sebe. Celkový využitelný objem vodojemu je 200 m³. Provoz objektu se předpokládá automatizovaný, v prvním roce provozu s častější přítomností obsluhy v rámci ladění nastavení technologie. Systém řízení bude přenášet provozní alarmy na nastavená telefonní čísla (provozní alarmy zástupci provozovatele, neoprávněný vstup do objektu navíc starostovi obce).



Obr. 4.4 VDJ Krumsín – stav k 5/2021 [autor]

Stavební část

Celá konstrukce vodojemu je tvořena monolitickým železobetonem z betonu C30/37. Střecha objektu je také železobetonová ve tvaru šestibokého jehlanu. Krytina je ocelový plech s povrchovou úpravou napodobující břidlici. Zvenku viditelné stěny budou obloženy lomovým kamenem do cementové malty. Přístup do objektu vodojemu bude z oploceného areálu po zámkové dlažbě. Zámková dlažba naváže na místní komunikaci spojující obec Krumsín a vojenský újezd Březina. Komunikace se v zimě udržuje pluhováním a posypem inertním materiálem.

Parcela VDJ bude oplocena poplastovaným ocelovým pletivem. Povrchy budou zatravněny a pravidelně koseny – budou zajišťovat zaměstnanci obce.

Technologická část

V armaturní komoře vodojemu je v současné době umístěno potrubí a armatury plnění vodojemu, dále odběrové potrubí s armaturami pro zásobování spodních dvou tlakových pásem a automatická tlaková stanice pro zásobování nejvyššího tlakového pásma. Rozmístění vstrojení je patrné z Obr. 4.5.



Obr. 4.5 Vystrojení VDJ Krumsín – stav 26. 5. 2021 [autor]

4.2 VODOVOD PROSTĚJOVIČKY

Výstavba vodovodu Prostějovičky probíhala od roku 2015 do roku 2017. Zhotovitelem byla společnost „Sdružení – Vodovod Prostějovičky 2015“. [20]

Vodovod v obci Prostějovičky sestává ze dvou hlubinných jímacích vrtů, zemního vodojemu o objemu 2x20 m³ a rozvodné sítě.

Tab. 4.1 Přehled řadů dle materiálu, dimenze a délky [21]

Řad	Materiál	Dimenze	Délka
AD1	PVC	110	296,6
AD1	PE	110	112,2
AD1	PVC	90	232,0
AD1	PE	90	203,2
AD1.2	PVC	90	483,5
AD1.3	PVC	90	161,6
AD1.3	PE	90	65,7
AD1.3.1	PVC	90	103,8
AD1.4	PVC	90	62,4
AD1.5	PVC	90	179,2
AD1.5	PE	90	24,0
AD1.6	PVC	90	670,9
AD1.6.1	PVC	90	108,6
AD1.6.2	PVC	90	186,1

Rozvodná síť v obci je zhotovena z PVC potrubí 90x4,3 a 110x5,3 mm, části sítě jsou z potrubí PE 100 vnějších průměrů 90 a 110 mm v místech, kde bylo využito technologie bezvýkopové pokládky. Souhrnný přehled materiálů, délky a dimenzí řadů je v Tab. 4.1. Vodovodní přípojky jsou z polyetylenového potrubí o průměru 32 mm o neznámé tloušťce stěny. [20] Vodovodní síť je tvořena jedním tlakovým pásmem plně zásobovaným pomocí automatické tlakové stanice umístěné ve vodojemu Prostějovičky. Na síti je umístěno 13 požárních hydrantů dle Tab. 4.2. Vlastníkem vodovodu je Obec Prostějovičky, provozovatelem pak VAK svazku obcí Plumlov – Vícov se sídlem v Plumlově. [22]

Tab. 4.2 Hydranty na síti [22]

Označení	Typ	Polohopis
NH 1	Nadzemní	u č.p. 96
PH 2	Podzemní	u č.p. 50
PH 3	Podzemní	koncový na větvi
PH 4	Podzemní	u č.p. 89
PH 5	Podzemní	u č.p. 118
PH 6	Podzemní	u č.p. 27
PH 7	Podzemní	u č.p. 58
PH 8	Podzemní	u č.p. 4
PH 9	Podzemní	koncový na větvi
PH 10	Podzemní	u č.p. 70
PH 11	Podzemní	u č.p. 100
PH 12	Podzemní	u č.p. 90
PH 13	Podzemní	koncový na větvi

4.2.1 Zdroje pitné vody

Zdroje vody má obec dva – jsou jimi dvě vrtané studny v blízkosti vodojemu – vrty HV1 a HV2. [23]

Vrt HV1

Vrt je vystrojen PVC pažnicí DN 225. Maximální hloubka ponoru čerpadla je 48 m. Umístěn je na parcele vodojemu – p.č. 48/2 v k. ú. Prostějovičky. Odběr z tohoto vrtu je povolen na dobu životnosti studny. [23]

Povolený odběr vody z vrtu je uveden v následující tabulce.

Tab. 4.3 Povolený odběr HV1 [24]

Max. povolený odběr	1,00 l/s
Průměrný povolený odběr	0,30 l·s ⁻¹
Max. měsíční odběr	0,777 tis. m ³ ·měs ⁻¹
Roční povolený odběr	9,5 tis. m ³ ·rok ⁻¹

Vrt HV2

Vrtný průměr této studny je 190 mm, zapažena byla PVC pažnicí DN 150. Výtlačné potrubí je z PE d63 o délce 169,51 m. V zahradě p.č. 499/1 a pod silnicí je potrubí uloženo do chráničky PE d110. [23] Odběr z tohoto zdroje je povolen na dobu 20 let – tedy do 31. 12. 2038.

Tab. 4.4 Povolený odběr HV2 [25]

Max. povolený odběr	1,00 l/s
Průměrný povolený odběr	0,30 l·s ⁻¹
Max. měsíční odběr	0,777 tis. m ³ ·měs ⁻¹
Roční povolený odběr	9,324 tis. m ³ ·rok ⁻¹

4.2.2 Vodojem Prostějovičky

Vodojem je proveden jako zemní dvoukomorový o celkovém využitelném objemu 40 m³. Součástí objektu vodojemu je automatická tlaková stanice, která slouží k zásobování I. tlakového pásma v obci. Provoz objektu je automatizovaný, obsluha je občasná, většinou dvakrát týdně. Systém řízení přenáší provozní alarmy pomocí SMS na zadaná telefonní čísla.

Stavební část

Podzemní část vodojemu je provedena z monolitického železobetonu, nadzemní část pak z cihelných bloků. Střecha na objektu je sedlová s krytinou z asfaltových pásů.

Přístup do objektu je z oploceného areálu po vnějším ocelovém schodišti zakončeném podestou. Z této podesty se vstupuje do 1. NP vodojemu.

Parcela VDJ je oplocena. V areálu vodojemu se nalézá jeden z vrtů – HV1. Přístup k parcele je

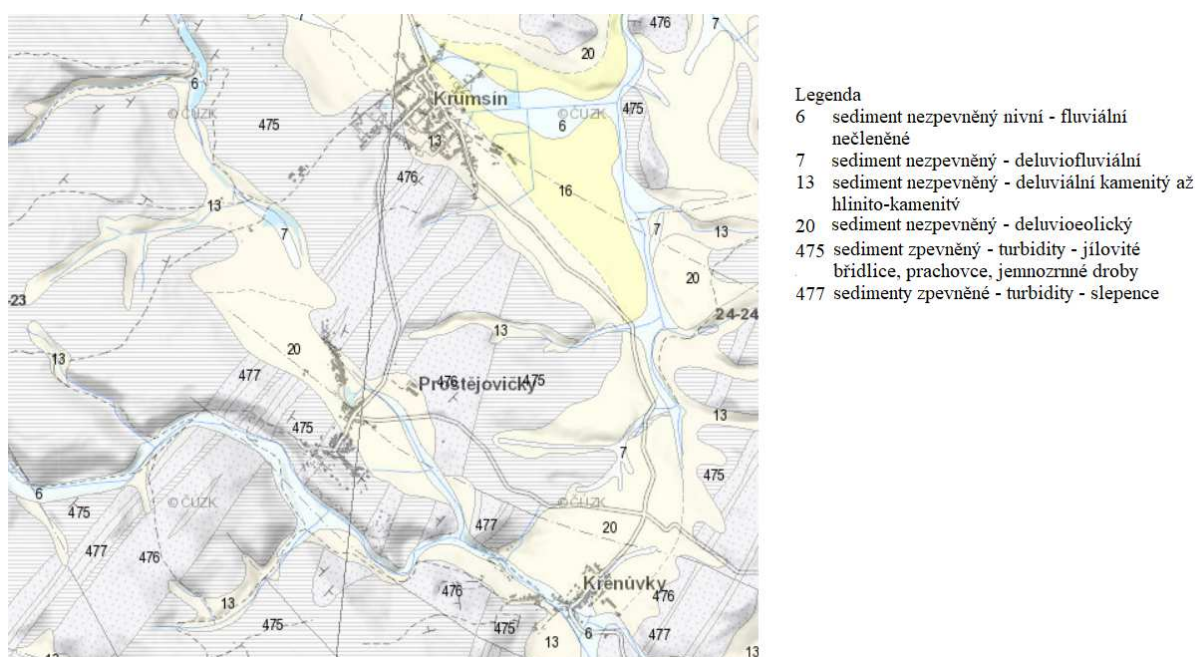


Obr. 4.6 Pohled na budovu VDJ [40]

po krátké nezpevněné komunikaci. Plocha náběhu vodojemu a okolí je zatravněna. Travní porost je pravidelně sečen.

Při studiu podkladů bylo zjištěno, že v dokumentaci skutečného provedení chybí uvedení vztažné nadmořské výšky objektu. Toto bylo v rámci terénních měření doplněno – viz kapitolu o podkladech. Zjištěná výška nuly objektu je 398,29 m n.m.

Geologické poměry nejsou známy – provozovatel nemá dokumentaci obsahující geologický průzkum lokality. Dle státní geovědní mapy 1:50 000 se předpokládá výskyt jílu s mělkým skalním podložím jílovitých břidlic a drobný Myslejovický souvrství Dražanského kulmu – viz Obr. 4.7. K obdobným závěrům dospěli i zpracovatelé geologického průzkumu pro Obec Krumsín. [26] Objekt vodojemu je založen na štěrkovém podsypu a stěny jsou opatřeny asfaltovým nátěrem.



Obr. 4.7 Geovědní mapa lokality [17]

Úpravy vnitřních povrchů

- keramické zdivo – omítnuto,
- betonové stěny – pohledový beton,
- podlaha – beton.

Nádrže vodojemu jsou zhotoveny jako železobetonové s rovným monolitickým stropem kryté zemním násypem uspořádané vedle sebe. Tvar nádrží je pravoúhlý. Přístup do nádrží je z prostoru 1. NP z podesty po pozinkovaných vestavěných žebřících. Podesta je z pororoštu, oddělená je od zbytku 1. NP plastovými dveřmi v příčce.



Obr. 4.8 Pohled na VDJ při výstavbě [40]

Využitelný objem každé nádrže je 20 m^3 . Minimální hladina je v úrovni $-2,28 \text{ m}$ pod nulou objektu, maximální provozní hladina pak $-0,28 \text{ m}$ pod nulou objektu. Vnitřní rozměr nádrže je $4,0 \times 2,7 \text{ m}$. Tloušťka zdiva je 30 cm , je provedeno z vodostavebního betonu – protokoly dodavatele betonu nebyly v předávací dokumentaci nalezeny, dle protokolu o zkoušce vodotěsnosti ze dne 18. 3. 2016 (první nádrž) a 2. 5. 2016 (druhá nádrž) byl použit beton C30/37 XC1 SA2 – max. průsak 50 mm . [27][28]

V komorách je dělicí příčka z železobetonu o rozměrech $3,2 \times 0,2 \text{ m}$ po celé výšce nádrže.

Armaturní komora má rozměry $2,9 \times 2,4 \text{ m}$. Komora má dvě podlaží. Konstrukce suterénu je z monolitického železobetonu, konstrukce 1. NP je z keramických tvarovek. Podlaha je vyspádována do jímky. Prostor je odvětrán přirozeně otvorem ve zdivu krytým žaluzií se sítí. Větrací otvor se nachází u vstupních dveří objektu.

Přístup do suterénu armaturní komory je po vestavěném žebříku.

Dveře do armaturní komory jsou vybaveny signalizací vstupu do objektu.

Technologická část

Přítok vody je proveden potrubím DN 50 ze dvou vrtů. Z vrtů vede potrubí PE 100 32 mm. Každý vrt je vystrojen vlastním ponorným čerpadlem V provozu jsou čerpadla dle stavu hladiny ve vrtech a stavu hladiny ve VDJ. Na nátok je osazen odběr vzorků a indukční průtokoměr AcquaMAG.

Technologie úpravy vody se nachází v objektu VDJ. Vzhledem k obsahu radonu byla vybudována stripovací kolona – za tím účelem je objekt vybaven aerační věží SK40/180. Její součástí je ventilátor CK 160 C o příkonu 90 W. Chod ventilátoru je ovládán PLC a ventilátor je uveden do chodu, je-li uvedeno do chodu alespoň jedno čerpadlo ve vrtech. Případně je možné ventilátor spustit manuálně z rozvaděčového pole hlavního rozvaděče. Aerační věž je stojatá polypropylenová nádoba čtvercového půdorysu. Součástí je bezpečnostní přepad a odkalení, tyto vedou do jímky v suterénu. Upravená voda je vedena dvojicí nerezových potrubí 76x2 mm do nádrží vodojemu na hladinu. Každá větev je osazena mezipřírubovou klapkou. Sání vzduchu je osazeno filtrem FLK-B-160-4 a je provedeno SPIRO potrubím. Výdech vzduchu je proveden plastovým potrubím 330/250 mm. Sání i výdech jsou vně objektu. Signalizace chodu a poruchy je vedena na kontakty PLC a přenášena pomocí SMS obsluze.

Hygienické zabezpečení je zajištěno pomocí dávkování roztoku chlornanu sodného. To je zavedeno do paty aerační věže. Je řízeno impulsy z PLC na základě nátoky vody do vodojemu.

Akumulační komory vodojemu jsou vystrojeny přívodním potrubím DN 50 vedeným ze stripovací kolony. Odběrné potrubí je DN 100, výpustné potrubí DN 100 a potrubí havarijního přepadu DN 65 jsou zaústěna do jímky v podlaze armaturní komory. Potrubí je nerezové. Potrubí (vyjma havarijního) jsou samostatně uzavíratelná a komory nejsou stavebně propojeny – je tedy možné odstavit jednu komoru za účelem čištění při zachování provozu vodojemu. Na odběrných potrubích jsou osazeny vzorkovací ventily. Vystrojení zachycuje Obr. 4.11.

Jímka v podlaze armaturní komory nemá odtok. Na tento se zapomnělo při výstavbě vodojemu a provozovatel řeší prázdnění pomocí přenosného kalového čerpadla. Tento stav není dlouhodobě vhodný. Jímka je zachycena na Obr. 4.12.

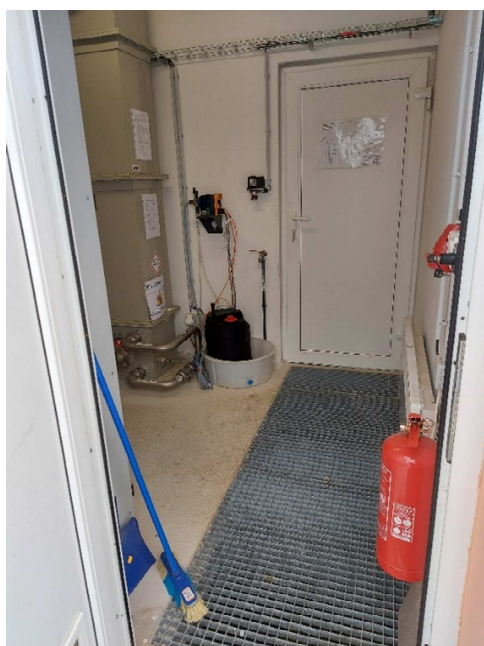
Každá komora je vybavena dvojicí plovákových spínačů. Hlídají minimální a maximální hladinu v nádrži.

Pro zajištění dostatečného tlaku vody ve spotřebišti je instalována automatická tlaková stanice Delfín KaHa se třemi vertikálními článkovými čerpadly ČERP.2 A, B a C typu Delfín-Kaha-3-

CR-5-8-200-3FMA. Průtok při tlaku 0,4 MPa je $4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. ATS je vybavena frekvenčním měničem pro každé čerpadlo. Signalizace chodu a poruchy je vedena na PLC.

Stanice Delfín se skládá ze 3 čerpadel CR 5-8, 380 V, 50 Hz, 1,1 kW zapojených paralelně, montovaných na společném základovém rámu z nerezové oceli a vybavených všemi potřebnými armaturami. Na společném výtlaku je osazen přírubový vodoměr WALF DN50 PN16. Od výstupu vodoměru není ovládáno žádné zařízení, jen je v řídicím systému zaznamenáváno celkové dodané množství do spotřebiště. ATS je na Obr. 4.10.

Střídání čerpadel je po 24 hodinách provozu, toto hlídá řídicí systém integrovaným počítadlem motohodin.



Obr. 4.9 Pohled ze vstupních dveří [autor]



Obr. 4.11 Armaturní vystrojení pro akumulaci [autor]



Obr. 4.10 ATS Delfín [autor]



Obr. 4.12 Jímka v armaturní komoře [autor]

5 NÁVRH ŘEŠENÍ

Navrhované propojení je jediným dlouhodobě stabilním řešením zdroje vody pro obec Prostějovičky. Studie propojení počítá s třemi variantami:

1. Dlouhá – zhotovení výtlaku od VDJ Krumsín až do VDJ Prostějovičky
2. Krátká – zhotovení výtlaku od VDJ Krumsín po stávající podzemní hydrant HP11 na severozápadním okraji obce Prostějovičky.
3. Přímá – obdobná variantě Krátká, ale počítá se s odstavením stávajícího VDJ Prostějovičky

5.1 VARIANTA DLOUHÁ

Tato varianta počítá s výstavbou ČS Prostějovičky, s výstavbou výtlaku až do VDJ Prostějovičky (s délkou okolo 1700 m) a s úpravou trubního vystrojení VDJ Krumsín a Prostějovičky. Navrženo je užití potrubí PE 100 RC 90x8,2 SDR 11.

Trubní vystrojení na VDJ Prostějovičky by spočívalo v zakončení výtlaku na vodoměru a dále změně nátoky do akumulace, kdy by se do akumulace osadily plováky a regulační ventily pro regulaci hladiny. Ventily by byly bez progresivního ovládání – tj. systém on/off. Aby se zamezilo rezonanci systému (při malém poklesu hladiny dojde k sepnutí čerpadel, po krátké době dojde k naplnění akumulace a čerpadla vypnou, načež se po krátké době cyklus opakuje), navrhuji osazení plováku s dlouhou dráhou chodu 500–900 mm dle požadavku vlastníka a provozovatele vodovodu na maximální rozkmit hladiny. V případě uzavření nátoky do akumulace dojde k vzestupu tlaku ve výtlačném potrubí ČS a na toto zareaguje ČS vypnutím čerpadel. Toto řešení zabrání při případné ztrátě rádiové komunikace mezi ČS a VDJ překročení maximální hladiny v akumulaci vodojemu. Sepnutí čerpadel bude řešeno elektronicky, příkazem řídicího systému vodojemu, pomocí rádiové komunikace. Aby se zabránilo „utržení“ vodního sloupce v potrubí na terénním lomu nad vodojemem, doporučuje se zvážit osazení ventilu regulujícího průtok na nátoky do VDJ Prostějovičky.

Výhody oproti první variantě:

- nižší provozní náklady (nižší náklady na čerpání),
- jednodušší zaregulování a provoz,
- nižší fluktuace tlaku v rozvodné síti,

- nedochází ke změnám směru proudění vody v síti.

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady,
- problematické pozemky v trase (lesní parcela vojenského újezdu ve vlastnictví státu a pozemky soukromých subjektů).

5.1.1 Návrh čerpadel

Čerpadlo je navrženo pro vystrojení ČS Prostějovičky. Vstupní hodnoty jsou v Tab. 5.1.

Tab. 5.1 Vstupní parametry výpočtu čerpadla – varianta Dlouhá

Tlaková úroveň na ČS Prostějovičky	373,5 m n. m.
Nadmořská výška lomového bodu	405 m n. m.
Rezerva tlaku na lomovém bodu	8 m v. s.
Geodetické převýšení H_g	31,5 m n. m.
Úsek	- 1
Materiál	- PE 90
Délka	m 1725

Výpočet ztrát třením po délce byl proveden za využití rovnice Colebrook–White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot d_i} \right), [29]$$

kde

λ – ztrátový součinitel [-],

Re – Reynoldsovo číslo [-],

d_i – vnitřní průměr potrubí [m],

k – drsnost stěn potrubí [m].

Drsnost stěn potrubí byla uvažována 0,02 mm, hodnota λ pro vstup do první iterace byla 0,026. Místní ztráty jsou v potrubí zanedbány, jedná se o hydraulicky dlouhé potrubí. Ztráty třením byly vypočteny dle rovnice Darcy–Weisbach:

$$Z_T = \lambda \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g}, [30]$$

kde:

λ – ztrátový součinitel [-],

L – délka úseku potrubí [m],
D – průměr potrubí vnitřní [m],
g – gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$],
v – rychlost proudění [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

Výsledná výtlačná výška H je dána součtem geodetické výšky H_g , ztrátové výšky úseku Z_T a potřebné rezervy nad vrcholovým lomem trasy. Výpočet výtlačné výšky čerpadla je v Tab. 5.2.

Tab. 5.2 Výpočet výtlačné výšky – varianta Dlouhá

Úsek 1 PE 90, dl. 1725

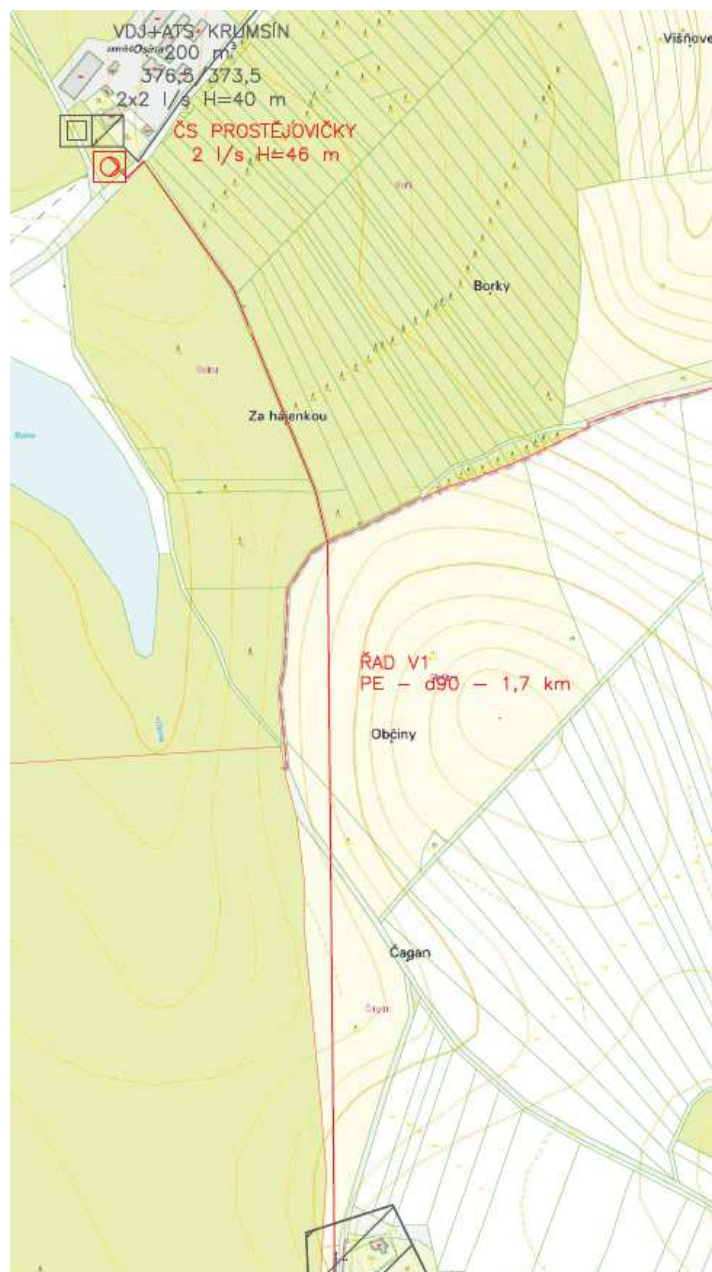
v	Q	Re	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	Z_T
m/s	l/s	-	-	-	-	-	m
0,40	1,70	27774	0,0244	0,0246	0,0259	0,0258	4,52
0,45	1,91	31245	0,0238	0,0240	0,0240	0,0240	5,33
0,47	2,00	32634	0,0235	0,0238	0,0238	0,0238	5,77
0,50	2,13	34717	0,0232	0,0235	0,0235	0,0235	6,44

H 45,27 m

Navržený pracovní bod čerpadel je $Q=2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, $H=46 \text{ m}$.

5.2 VARIANTA KRÁTKÁ

Tato varianta počítá s vybudováním čerpací stanice ČS Prostějovičky v blízkosti vodojemu Krumsín, dále s výstavbou výtlaku V1 napojeného na vodovodní síť Prostějovičky v nově navržené vodoměrné šachtě VŠ Prostějovičky. Výtlak je navržen z potrubí PE 100 RC 90x8,2 SDR 11. Dále je nutná úprava armaturního vystrojení VDJ Prostějovičky, aby bylo možné v čerpacím režimu naplnit akumulaci v Prostějovičkách a úprava trubního vystrojení VDJ Krumsín. Úprava trubního vystrojení ve VDJ Prostějovičky počítá s vytvořením druhého plnění VDJ přes ventil pro udržování tlaku. Nutnou součástí je rádiová komunikace VDJ Prostějovičky s čerpací stanicí a kontrola tlaků ve vodovodní síti (umístění tlakového čidla ve vodoměrné šachtě s přenosem optickým kabelem na ČS Prostějovičky).



Obr. 5.1 Výřez z přehledné situace

Provoz vodovodní sítě by sestával ze dvou provozních stavů:

1. zásobování z VDJ Prostějovičky,
2. čerpání z VDJ Krumsín.

V případě potřeby plnění akumulace a nedostatku vody ve vlastních zdrojích by řídicí systém vydal pokyn k zapnutí čerpadel v čerpací stanici přes frekvenční měniče. Tím by došlo k plynulému zvýšení tlaku v rozvodné síti Prostějoviček. Na toto zvýšení tlaku by reagoval ventil pro udržování tlaku ve VDJ Prostějovičky rychlým otevřením

následovaným pomalým přivřením ventilu. Tím bude doregulován průtok a tlak v rozvodné síti. Po naplnění akumulací by došlo k řízenému zastavení čerpadel pomocí frekvenčního měniče a poklesu tlaku v síti. Na tento pokles zareaguje ventil plynule zavřením nátoků do akumulace.

Z výše uvedeného je zřejmé, že mezi oběma režimy provozu by musel být rozdíl v maximálním hydrostatickém tlaku v síti. Bližší informace jsou v části zabývající se hydraulickými výpočty.

Toto řešení je voleno proto, že v případě požáru se dá využít stávající ATS Prostějovičky a ČS Prostějovičky se nemusí navrhovat na požadavky zásobování požární vodou.

Tato varianta počítá s využitím pozemků, které jsou ve vlastnictví obcí Krumsín a Prostějovičky. Z tohoto pohledu je výhodnější než varianta Dlouhá. Tato varianta má taky oproti druhé variantě nižší pořizovací náklady

Další výhodou je stále využití technologie umístěné na VDJ Prostějovičky i v případě, že dojde k úplnému vyčerpání místních zdrojů pitné vody.

Vzhledem k navrženému technickému řešení pomocí ventilu pro udržování tlaku je tato varianta náročná na návrh a na zaregulování po výstavbě. Další nevýhodou je maření elektrické energie na překonání tlaků ve vodovodní síti obce Prostějovičky a pravidelné změny směrů proudění – může dojít k mobilizaci usazenin v síti a přechodnému zhoršení jakosti pitné vody.

5.2.1 Návrh čerpadel

Čerpadlo je navrženo pro vystrojení ČS Prostějovičky. Vstupní hodnoty jsou v Tab. 5.3.

Tab. 5.3 Vstupní hodnoty pro výpočet ČS – varianta Krátká

Tlaková úroveň na ČS Prostějovičky				373,5 m n. m.
Nadmořská výška VDJ Prostějovičky				398 m n. m.
Nastavený otevírací tlak ventilu na VDJ Prostějovičky				40 m v. s.
Geodetické převýšení H_g				24,5 m n. m.
Úsek	-	1	2	3
Materiál	-	PE 90	PVC 90	PVC 110
Délka	m	932	1008	407

Výsledná výtlačná výška H je dána součtem geodetické výšky H_g , ztrátové výšky jednotlivých úseků Z_T a nastaveného otevíracího přetlaku regulačního ventilu. Výpočet výtlačné výšky čerpadla je v Tab. 5.4.

Tab. 5.4 Výpočet výtlačné výšky – varianta Krátká

Úsek 1 PE 90, dl. 932 m

v	Q	Re	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	Z_T
m/s	l/s	-	-	-	-	-	m
0,40	1,70	27774	0,0244	0,0246	0,0246	0,0246	2,54
0,45	1,91	31245	0,0238	0,0240	0,0240	0,0240	3,14
0,47	2,00	32634	0,0235	0,0238	0,0238	0,0238	3,39
0,50	2,13	34717	0,0232	0,0235	0,0235	0,0235	3,79

Úsek 2 PVC 90, dl. 1008 m

v	Q	Re	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	Z_T
m/s	l/s	-	-	-	-	-	m
0,35	1,83	26943	0,0245	0,0248	0,0248	0,0248	1,91
0,37	1,93	28483	0,0242	0,0244	0,0244	0,0244	2,10
0,38	2,00	29407	0,0240	0,0243	0,0242	0,0242	2,23
0,39	2,04	30023	0,0239	0,0242	0,0241	0,0241	2,31

Úsek 3 PVC 110, dl. 407 m

v	Q	Re	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	Z_T
m/s	l/s	-	-	-	-	-	m
0,24	1,86	22506	0,0256	0,0256	0,0256	0,0256	0,31
0,25	1,94	23443	0,0253	0,0254	0,0254	0,0254	0,82
0,26	2,00	24194	0,0251	0,0252	0,0252	0,0252	0,87
0,26	2,02	24381	0,0250	0,0252	0,0251	0,0252	0,88

H 65,98 m

Navržený pracovní bod čerpadel je $Q=2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, $H=66 \text{ m}$.

5.3 VARIANTA PŘÍMA

Řešení spočívá ve výstavbě ČS Prostějovičky, výtlačku k hydrantu HP11, vodoměrné šachtě a úpravě vystrojení VDJ Krumsín. Tato varianta není preferována, jelikož by došlo k odstavení stávajícího VDJ a ATS Prostějovičky a byly by kladeny zvýšené nároky na nárazový odběr vody z VDJ Krumsín (tato varianta by z vodojemu v Krumsíně odebírala v případě požáru plný požární průtok). Tato varianta nebude podrobně rozpracována.

5.4 SPOLEČNÉ OBJEKTY A ZMĚNY STÁVAJÍCÍCH OBJEKTŮ

Pro všechny řešené varianty jsou zapotřebí provést úpravu vystrojení armaturní komory na VDJ Krumsín a vybudovat čerpací stanici ČS Prostějovičky.

5.4.1 Úpravy na VDJ Krumsín

V armaturní komoře vodojemu je potřeba zřídit samostatnou měrnou trať pro odběr na ČS Prostějovičky. Tato měrná trať bude opatřena oboustranně uzávěry, aby bylo možné provést výměnu vodoměru bez nutnosti vypuštění potrubí a přerušení dodávky vody ve spotřebišti Krumsín.

Odběr je na stávající vystrojení navrženo napojit pomocí navrtávacího pasu pro nerezové potrubí. Díky tomuto řešení nebude potřeba odstavit vodojem, a tedy ani přerušit dodávku do spotřebiště Krumsín.

Celý tento nový odběr bude proveden z nerezové oceli, včetně spojovacího materiálu. Potrubí bude svařované v souladu s platnými předpisy na základě metodického postupu zpracovaného svářečským inženýrem. Práce smí provádět pouze řádně kvalifikované osoby.

Výkres navržené úpravy vystrojení je přílohou této práce.

Kromě vybudování měrné trati bude zapotřebí úprava měřícího systému na vodojemu – rozšíření PLC o vstup z vodoměru. Dle požadavků odběratele (Obce Prostějovičky), může být vodoměr osazen druhým odečtem pro jeho potřebu, případně bude zřízen přenos ze stávajícího řídicího systému vodojemu – dle vzájemné dohody. Vodoměr bude stanoveným fakturačním měřidlem a dle tohoto bude účtována dodávka pitné vody – předávacím místem pitné vody bude tento vývod z vodojemu. Vodoměr bude ve vlastnictví obce Krumsín.

Náklady na tuto úpravu ponese Obec Prostějovičky.

5.4.2 ČS Prostějovičky

Navrhuje se vybudování nové čerpací stanice na pozemku vodojemu Krumsín. Tato čerpací stanice by byla provedena jako prefabrikovaná – umístěná v betonové šachtě DN 2500 v areálu VDJ Krumsín.

Vstup do šachty by byl přes kompozitní poklop po zabudovaném celoplastovém žebříku z přilehlé zámkové dlažby. Celé zastropení stanice by bylo z kompozitního materiálu. Provedeno bude tak, aby se v případě potřeby dal strop oddělat pomocí autojeřábu/hydraulické ruky. To by v budoucnu zjednodušilo případnou generální opravu vystrojení ČS.

V čerpací stanici by byla v obou navrhovaných variantách umístěna čerpací stanice o dvou vertikálních článkových čerpadlech v zapojení 1+1. Každé z nich bude vybaveno samostatným frekvenčním měničem. Tento musí být snadno vyměnitelný bez nutnosti kompletní demontáže čerpadla a jeho odvozu do servisní organizace. Čerpadla budou v provozu střídána dle počtu motohodin. Motohodiny bude hlídat řídicí systém v PLC. Z čerpadel bude vyvedena signalizace poruchy, přehřátí a průsaku do vinutí.

Podlaha čerpací stanice bude zřízena jako dvojí – pochozí část bude tvořit kompozitní rošt. Betonová podlaha pod roštem bude vyspádována do jámky. Z té bude zaústěn odpad do odpadu stávajícího VDJ. Na odpadu bude zřízena zpětná klapka. Potrubí odpadu bude PVC 150 SN 10. V čerpací stanici bude instalován senzor zaplavení, a to ve dvou úrovních. V případě dosažení první úrovně bude odeslána varovná zpráva provozovateli vodovodu Prostějovičky (případně po dohodě i provozovateli vodovodu Krumsín). V případě, že hladina v čerpací stanici dosáhne úrovně druhého snímače, řídicí systém ČS okamžitě odpojí přívod elektrické energie do čerpací stanice.

Přívod elektrické energie pro ČS by byl přes samostatný elektroměrový rozvaděč, který by byl umístěn v oplocení areálu.

Hlavní rozvaděč pro technologii a vlastní spotřebu bude umístěn vedle elektroměrového rozvaděče v oplocení. Bude ovšem otočen tak, aby byl přístupný zevnitř areálu. U tohoto rozvaděče bude také zřízena třífázová přívodka v zapojení TN-C. Tato bude sloužit pro nouzové zásobování čerpací stanice v případě déletrvajícího výpadku elektrické energie. Provozovatel v takovém případě umístí do areálu mobilní záložní dieselaagregát, zapojí jej na přívodku a přepne v rozvaděči technologii vačkový přepínač Sít'/0/Náhradní zásobování. Bod rozdělení sítě TN-C na TN-C-S bude umístěn v hlavním rozvaděči. Vzhledem k prostředí v ČS musí být obvody vybaveny doplňkovou ochranou před úrazem elektrickým proudem – proudovým chráničem.

Ochranné prvky v rozvaděči budou vybaveny pomocnými signalizačními kontakty. V případě zareagování ochrany bude tento stav indikován řídicím systémem a ten pošle havarijní SMS zástupci provozovatele vodovodu Prostějovičky.

Prostory čerpací stanice musí odpovídat veškerým platným předpisům. Mimo jiné bude zřízeno pracovní osvětlení pomocí nástěnných světel s odpovídajícím krytím.

Pracovníci provozovatele vodovodu Prostějovičky dostanou klíč od vjezdové brány. Otevření této brány bude evidováno řídicím systémem. Odstřežení bude provedeno pomocí RFID čtečky umístěné na oplocení vodojemu. Tím bude zajištěna evidence pohybu v areálu.

Do řídicího rozvaděče bude taky zaveden optický kabel od obce Prostějovičky – po něm bude probíhat komunikace mezi VDJ, RS a ČS Prostějovičky. Tento kabel bude uložen v mikrotrubičce vedené v souběhu s vodovodním potrubím. Uvažuje se s pokládkou rezervních mikrotrubiček pro případné budoucí využití. Dále se uvažuje s využitím rádiového přenosu jako zálohy (v případě Krátké varianty bude tento přenos mezi ČS a VDJ hlavním přenosem). To je způsobeno tím, že nebude možné položit optický kabel až do vodojemu v obci Prostějovičky.

Při uvádění do provozu je nezbytné přesné nastavení systému řízení, aby nedocházelo k přílišným výkyvům tlaků u Krátké varianty. Nepřípustné je také překročení maximálních povolených tlaků ve spotřebišti, a to i krátkodobé. Toto bude muset prokázat zhotovitel komplexním přezkoušením systému v nezbytně dlouhé době.

Řídicí systém v rozvaděči čerpací stanice bude zvolen v souladu s požadavky vlastníka a provozovatele vodovodu Prostějovičky tak, aby vyhovoval jejich provozním zvyklostem.

6 HYDRAULICKÁ ANALÝZA

Pro hydraulickou analýzu navrženého propojení vodovodů byl vybrán program EPANET 2.0. Autorem tohoto programu je EPA – United States Environmental Protection Agency. Tento výpočetní nástroj lze použít pro statickou, případně kvazidynamickou analýzu tlakových systémů. Vodovodní síť lze schematizovat pomocí uzlů (nodes), úseků (pipes), jímek (reservoir), nádrží (tanks), čerpadel (pumps) a různých typů ventilů (valves). Základní výstupy výpočtu jsou tlaky v uzlech, rychlosti proudění a průtoky v potrubí. Výstupem také může být kvalitativní analýza vody v síti. [31]

Tvorba modelu sítě probíhá v následujících krocích:

- 1) schematizace sítě – nakreslení modelu představujícího reálnou síť pomocí dostupných nástrojů – node, pipe, reservoir, tank, pump a valve. Dle potřeby lze přistoupit ke zjednodušení sítě – snížení množství uzlů a potrubí. Model lze zpřehlednit pomocí popisů prvků.
- 2) přiřazení vlastností – jednotlivým prvkům jsou zadány jejich vlastnosti. U uzlů se jedná o nadmořskou výšku a odběr. U potrubí je to dimenze, délka, drsnost, počáteční a koncový uzel. Tank je vodojem. Udává se nadmořská výška, minimální, počáteční a maximální hladina vůči nadmořské výšce. Objem akumulace je nutno přepočítat na válec – model uvažuje válcovou nádrž, do vlastností se zadává průměr tohoto válce.
- 3) popis funkce systému – přiřazení Q-h křivek čerpadel, křivek spotřeby atd.
- 4) nastavení parametrů – nastavení metody stanovení ztrát a jednotek, ve kterých program počítá
- 5) spuštění výpočtu – pokud dojde ke kolizi, program vygeneruje chybovou hlášku.
- 6) prezentace výsledků – v případě mapového zobrazení vybrání zobrazovaných hodnot, barevných škál a legend, případně zhotovení tabulkového výstupu [31]

6.1 STANOVENÍ POTŘEBY VODY

Spotřebiště má charakter malé obce s relativně roztroušenou zástavbou. Vzhledem k tomu, že vodovod byl vybudován před krátkou dobou, většina obyvatel odebírá pouze vodu z vlastních domovních studní. Vodu z vodovodu využívají obyvatelé zejména k pití a v případě, že jim dojde voda ve studni. Toto se projevuje na celkové výši fakturované vody, kdy v roce 2018 bylo fakturované množství vody $2\,284\text{ m}^3\cdot\text{rok}^{-1}$. [32]

Dle plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Olomouckého kraje se uvažovalo v roce 2020 s počtem 472 napojených obyvatel. [16] Toto neodpovídá současnému stavu, kdy v obci je cca 300 trvalých obyvatel a do rekreační oblasti nebyl vodovod vybudován. Do budoucna se dle informací starostky zásobování rekreační oblasti neuvažuje. Vzhledem k dříve uvedenému je potřeba vody uvažována ve výši $90 \text{ l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ a výhledový počet obyvatel pro rok 2040 je 480. V obci je dále školka s vývařovnou. Kapacita školky je 35 dětí a školka má 7 zaměstnanců. Kapacita vývařovny je cca 80 strážníků – vývařovna zásobuje i školu Krumsín. Potřeba vody pro školu je uvažována $40 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ a pro vývařovnu $30 \text{ l} \cdot \text{strážník}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$.

Tab. 6.1 Stanovení potřeby vody

Stanovení potřeby vody			Obyvatelstvo	MŠ	Vývařovna
Specifická potřeba vody fakturované	q_{spec}	l/ob/d	90	40	30
Počet zásobovaných obyvatel			480	42	80
koeficient denní nerovnoměrnosti	k_d	-	1,5	1,5	1,5
koeficient hodinové nerovnoměrnosti	k_h	-	2,1	2,1	2,1
Průměrná potřeba vody	Q_p	m^3/d	43,2	1,68	2,4
Maximální denní potřeba vody	Q_m	m^3/d	64,8	2,52	3,6
Maximální hodinová potřeba vody	Q_h	l/s	1,58	0,06	0,09

V rámci výpočtů stávajícího stavu byly uvažovány 2 zatěžovací stavy, jejich výpočet je v příloze práce.

I. ZS je tvořen pouze obyvatelstvem a občanským vybavením. Při tomto zatěžovacím stavu je uvažován odběr ve výši maximální hodinové potřeby vody.

II. ZS uvažuje s maximální denní potřebou vody a jedním požárním odběrem ve výši $4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Umístění požárního odběru se měnilo z důvodu určení požárního hydrantu, ve kterém bude při výpočtu uvažován požární odběr. Podmínkou pro určení takového místa bylo dosažení nejnepríznivějších tlakových poměrů na síti.

6.2 TVORBA MODELU STÁVAJÍCÍHO STAVU

Na podkladě zaměření skutečného provedení vodovodní sítě obce Prostějovičky a informací provozovatele byl vytvořen zjednodušený model stávající vodovodní sítě v Prostějovičkách. Tento model je tvořen 26 uzly a 24 trubními úseky. V modelu je jeden vodojem, čerpací stanice a jeden redukční ventil.

Uzly sítě byly vytvořeny v místech, kde dochází k větvení sítě, kde dochází ke změně dimenze nebo materiálu potrubí, v místech, kde dochází ke značné změně charakteru

zástavby a v neposlední řadě také v místech osazení požárních hydrantů. Jako podklady pro parametry uzlů sloužilo zaměření sítě. Odběry v uzlech byly stanoveny dle charakteru zástavby pomocí metody redukovaných délek. Každému úseku bylo přiřazeno bezrozměrné číslo – tzv. součinitel uličního zalidnění. Takto vypočítané odběry úseků byly poté rozděleny do uzlů rovnoměrně – polovina vypočteného odběru do počátečního uzlu úseku a polovina do koncového uzlu úseku. Výpočet uzlových odběrů pro zatěžovací stavy je v příloze č. 7.

Výpočtové úseky potrubí mají definovány světlost, délku a drsnost stěn potrubí. Délka je zadávána v metrech, světlost a drsnost v milimetrech.

Doporučené hodnoty drsnosti povrchu stěn potrubí jsou dle Tab. 6.2. Pro výpočet byla zvolena hodnota 0,02 mm pro výpočetní vztah White-Colebrook.

Tab. 6.2 Drsnosti materiálů [19]

Materiál	White-Colebrook		
	k_{\min}	$k_{\text{stř}}$	k_{\max}
	[mm]	[mm]	[mm]
PVC, PE, PP	0,001	0,01	-

V nastavení modelu byl využit vztah Darcy-Weisbach pro výpočet ztráty třením po délce:

$$h_z = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

λ – ztrátový součinitel [-],

L – délka potrubí [m],

D – průměr potrubí [m],

g – gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$].

Vodojem byl pro účely modelu aproximován jako válec s průměrem vypočteným dle vzorce:

$$d = \sqrt[2]{\frac{S}{\pi} \cdot 4},$$

kde d – průměr fiktivního vodojemu [m],

S – plocha podstavy [m^2].

Toto je provedeno kvůli tomu, že EPANET uvažuje vodojemy jako válcové. [31]

Plocha podstavy byla získána z celkového objemu VDJ Prostějovičky a maximální a minimální provozní hladiny dle vzorce

$$S = V / (h_{max} - h_{min}),$$

kde S – plocha podstavy fiktivního vodojemu [m^2],

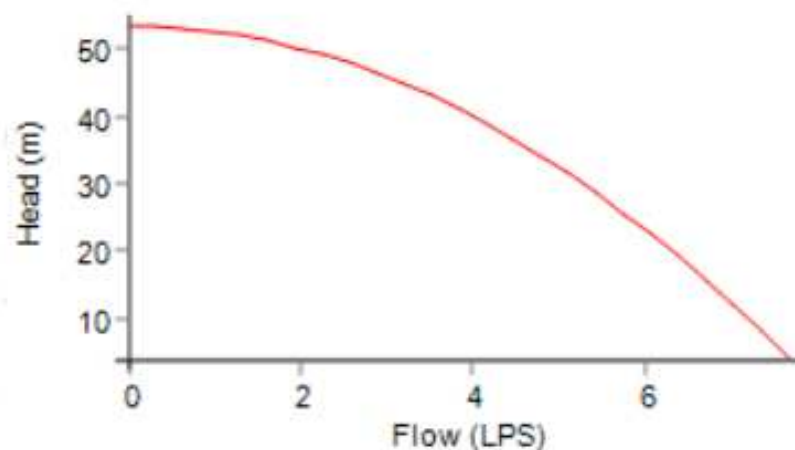
h_{max} – maximální provozní hladina [m n. m.],

h_{min} – minimální provozní hladina [m n. m.]

Tab. 6.3 Stanovení průměru fiktivního VDJ Prostějovičky

Objem vodojemu	V	40 m^3
Maximální provozní hladina	h_{max}	398,01 m n.m.
Minimální provozní hladina	h_{min}	396,01 m n.m.
Plocha podstavy fiktivního VDJ	S	$20,00 \text{ m}^2$
Průměr fiktivního VDJ	d	5,05 m

Dále byly při modelování vodojemu použity údaje z technologického schématu a doměřená nadmořská výška objektu vodojemu.

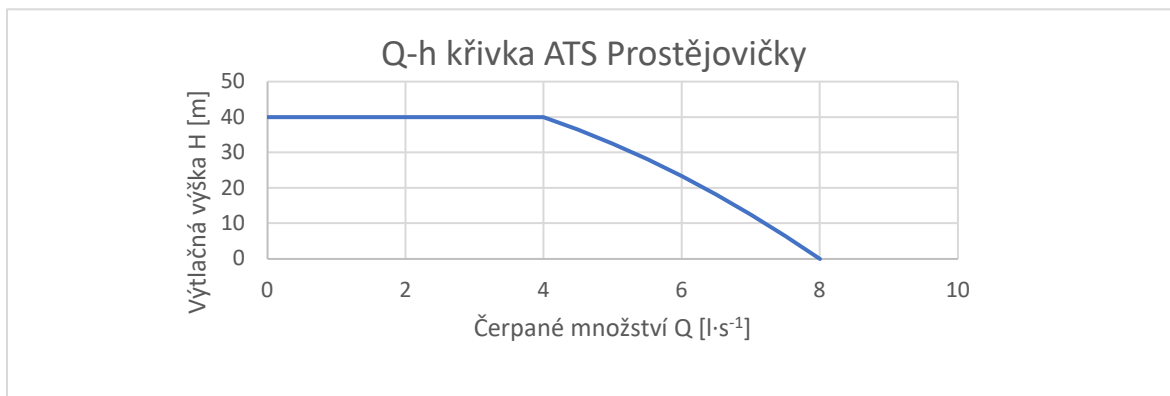


Graf 1 Q-h křivka čerpadla v EPANETu

Automatická tlaková stanice na vodojemu Prostějovičky je řízena frekvenčním měničem tak, aby maximální tlak v místě napojení byl 40 metrů vodního sloupce a tento tlak byl udržován i při chodu čerpadel. ATS je schopna dodávat při tomto tlaku $4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. ATS byla v modelu nahrazena čerpadlem s náhradní charakteristikou dle Graf 1 a redukčním

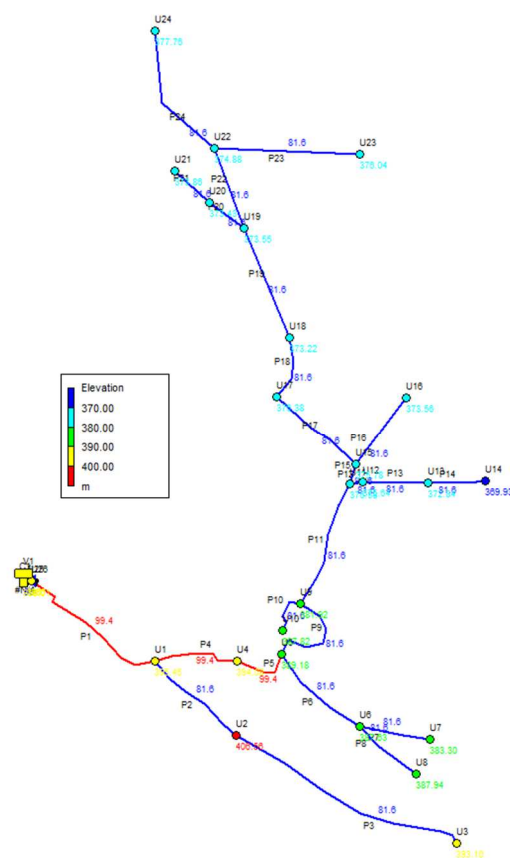
ventilem nastaveným na tlak 40 m v. s. Tímto byla v modelu vytvořena tlaková stanice s křivkou dle Graf 2. Rovnice Q-h křivky použité v modelu pro čerpadlo je

$$H = 53.33 - 0,8334 \cdot Q^2[m].$$



Graf 2 Skutečná Q-h charakteristika ATS Prostějovičky

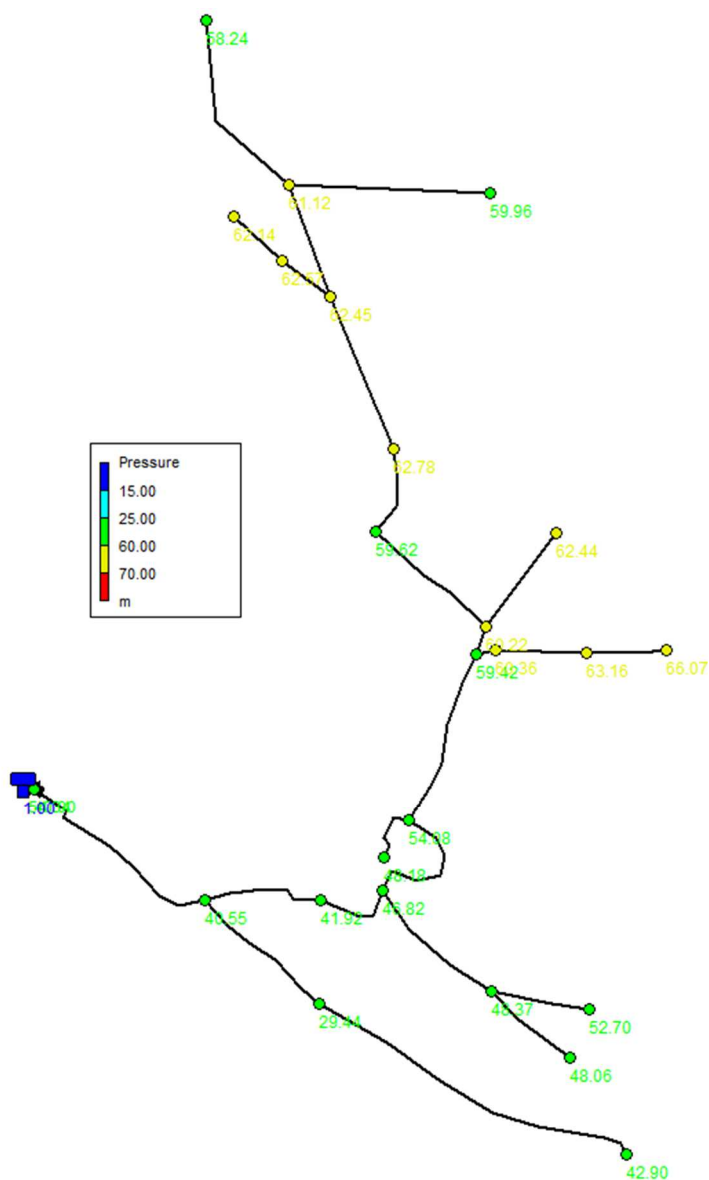
Obr. 6.1 zobrazuje geometrii modelu stávající vodovodní sítě v obci s údaji o nadmořských výškách uzlů a o dimenzích potrubí.



Obr. 6.1 Geometrie stávající sítě

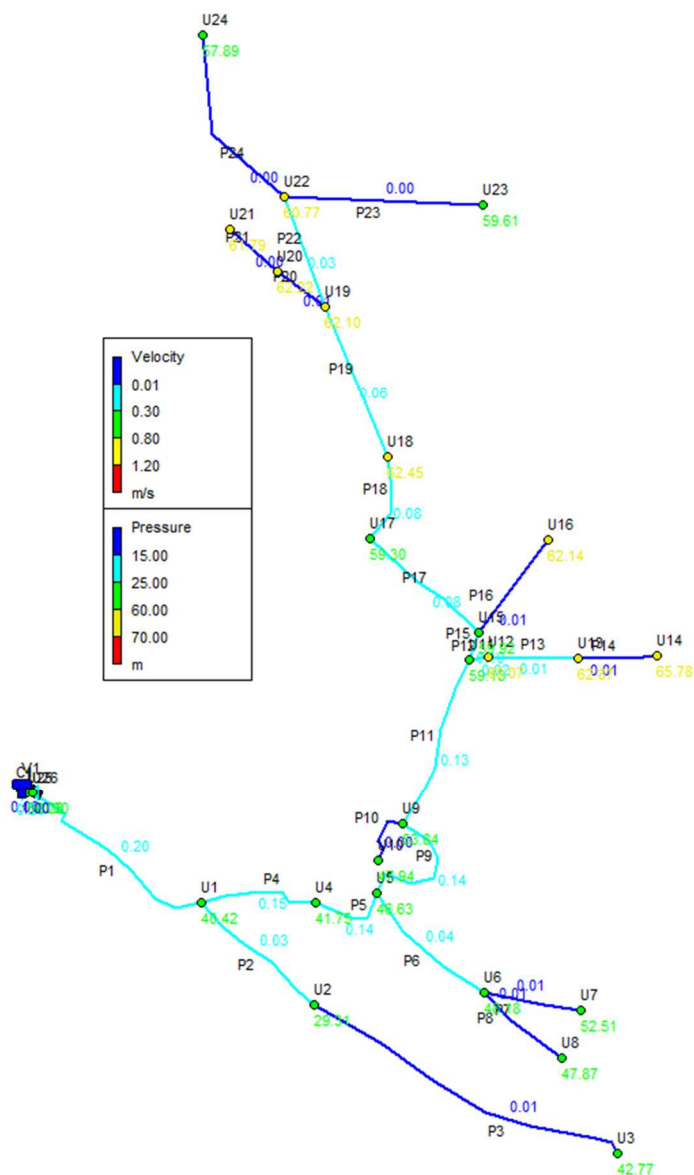
6.3 HYDRAULICKÁ ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU

Z hydraulické analýzy stávajícího stavu vyplývá, že jsou v síti dodrženy minimální tlaky. Maximální hydrostatický tlak je vyšší než 0,6 MPa, ovšem nepřekračuje hodnotu 0,7 MPa. Síť tedy splňuje požadavky kladené vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb. Zároveň bylo zjištěno, že může být přenastaven provozní tlak na ATS ze 40 m v. s. na 35 m v. s. Toto opatření by pravděpodobně mělo pozitivní vliv na životnost potrubí a provozní ztráty vodovodní sítě. Zároveň tato změna sníží spotřebu elektrické energie pro čerpání.



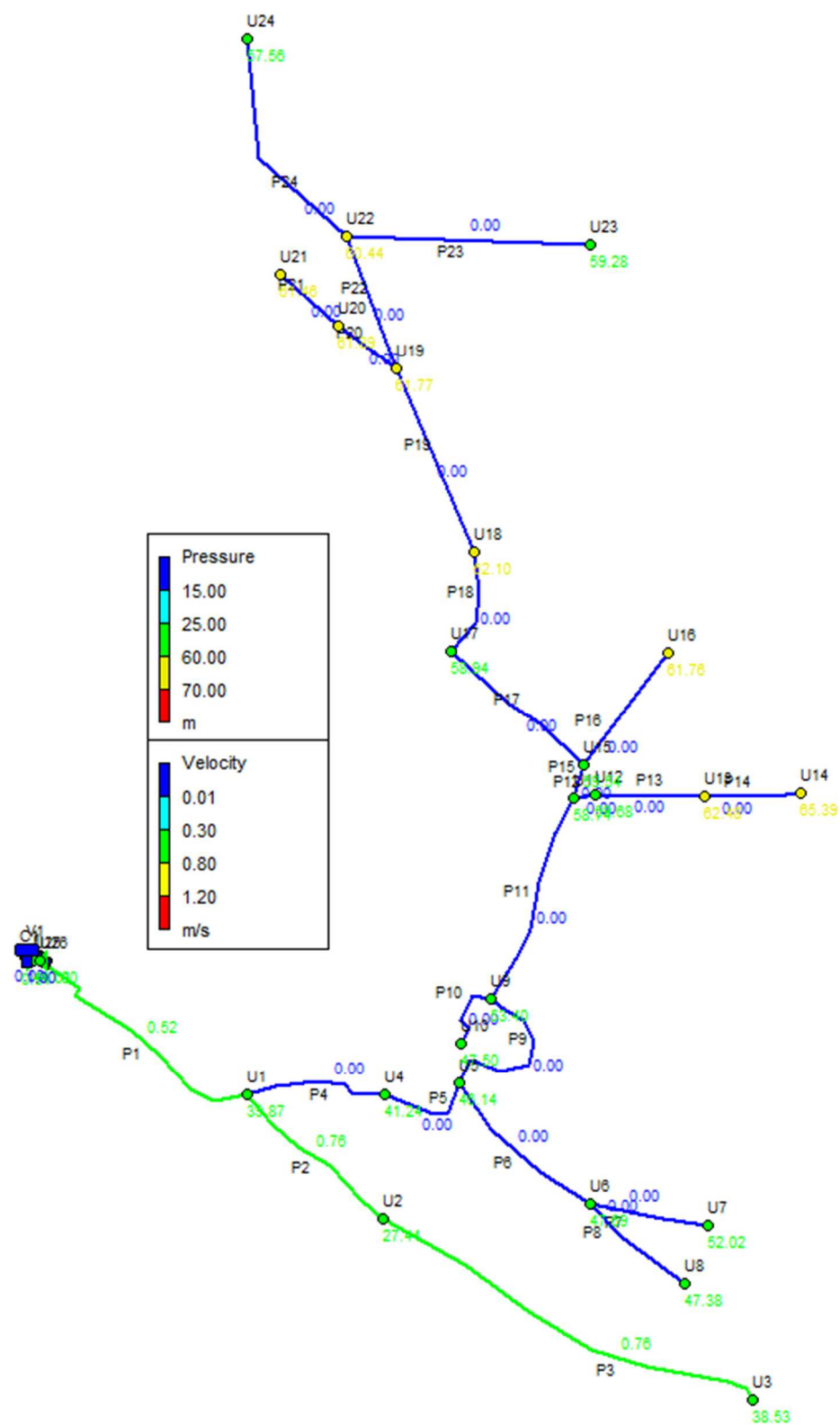
Obr. 6.2 Hydraulická analýza: stávající stav – hydrostatický tlak

Na Obr. 6.2 je znázorněn stav modelu při výpočtu hydrostatického tlaku. Je vidět, že ve střední části sítě je překročen tlak 0,6 MPa, ovšem nikde na síti není překročen tlak 0,7 MPa.



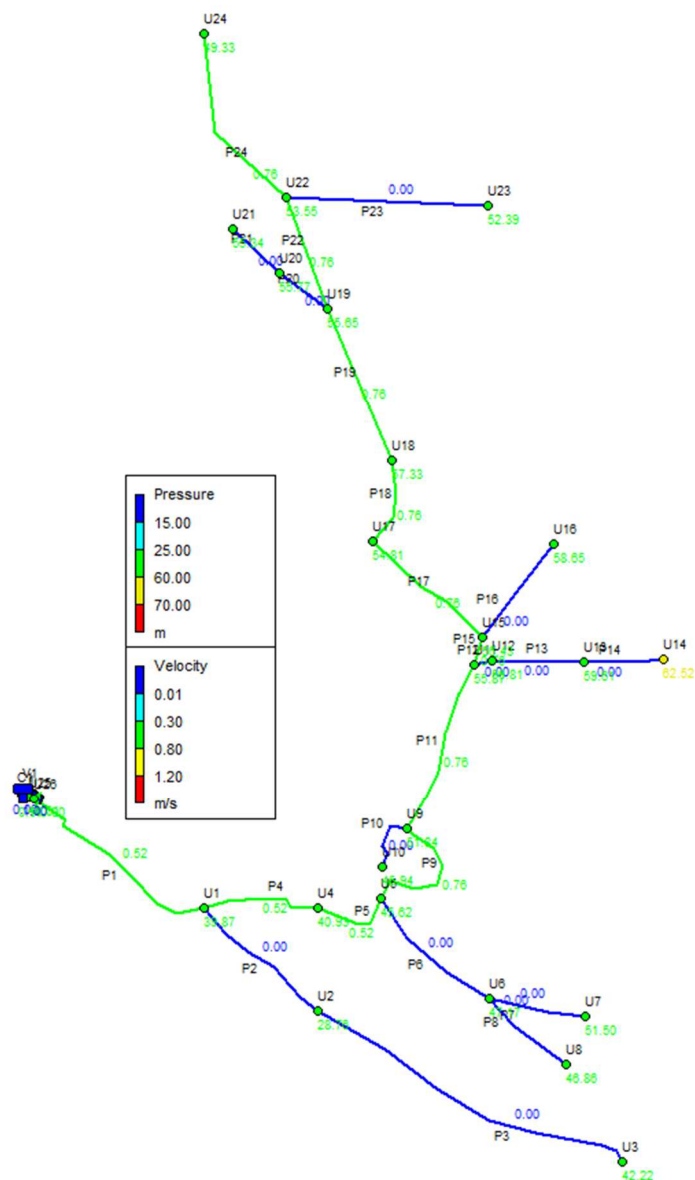
Obr. 6.3 Hydraulická analýza: rychlosti a tlakové poměry v síti při stávajícím nastavení – I. ZS

Z výstupu modelu na Obr. 6.3 je vidět, že rychlost proudění vody potrubím při I. ZS je malá. To je pro provoz vodovodu očividně nevýhodný stav, bohužel je to dáno charakterem spotřebiště s malými odběry.



Obr. 6.4 Hydraulická analýza: rychlosti a tlakové poměry při stávajícím nastavení – II. ZS

U druhého zatěžovacího stavu je dosaženo vyšších rychlostí, ovšem tento zatěžovací stav se vyskytne na síti pouze při požáru, hasičském cvičení nebo při proplachu sítě.



Obr. 6.5 Hydraulická analýza: rychlosti a tlakové poměry při tlaku ATS 40 m v. s. – II. ZS hydrant HP11

Pro účely ověření dopadů požárních odběrů na tlakové poměry v síti byla provedena série výpočtů. Z ní byly vybrány dva hydranty způsobující největší změny tlaku v síti. Viz Obr. 6.4 a Obr. 6.5.

6.4 TVORBA MODELU PROPOJENÝCH VODOVODŮ

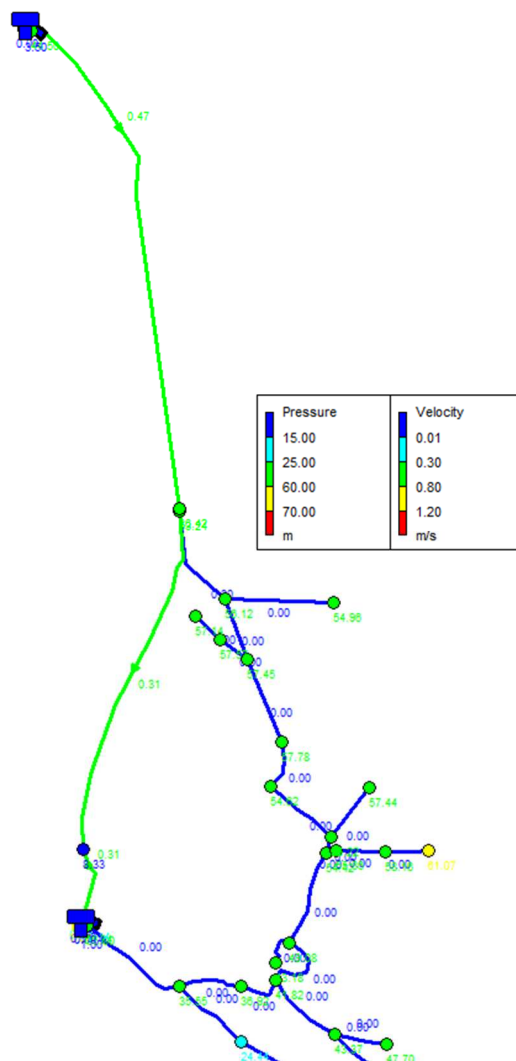
Při tvorbě těchto modelů bylo postupováno obdobně, jako při modelování stávajícího stavu.

V první variantě propojení je uvažován samostatný výtlak do VDJ Prostějovičky o délce cca 1680 m. Potrubí je navrženo z PE 100 RC 90x8,2 SDR 11. Vzhledem k tomu, že v trase přivaděče je vrcholový lom (přibližně 140 m od VDJ Prostějovičky), byla uvažována rezerva tlaku na tomto vrcholu 8 m v. s. Toto by mělo pomoci eliminovat riziko „stržení“ vodního sloupce a tvorby rázů v potrubí. Byla navržena čerpací stanice s pracovním bodem $H = 42$ m a $Q = 2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Ve druhé variantě je uvažováno napojení RS Prostějovičky přes nově navrženou vodoměrnou šachtu. V této variantě je navržen přívaděcí řad z potrubí PE 100 RC 110x10 SDR 11 o délce přibližně 920 m. Dále je navrženo umístění ventilu udržujícího tlak v místě ATS na hodnotě 40 m v. s.

6.5 HYDRAULICKÁ ANALÝZA I. VARIANTY

Hydraulický model této varianty byl doplněn o ventil regulující průtok na nátoku do VDJ Prostějovičky. Když nebyl tento ventil osazen, docházelo ke „stržení“ sloupce vody ve vrcholu potrubí před vodojemem a nátok do VDJ Prostějovičky přesahoval povolené množství $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 6.6 Hydraulická analýza: první varianta po umístění ventilu

Tato varianta nijak neovlivňuje tlaky ve vodovodní síti obce, přesto se doporučuje snížit nastavený tlak na ATS Prostějovičky na 35 m v. s., viz hydraulickou analýzu II. varianty.

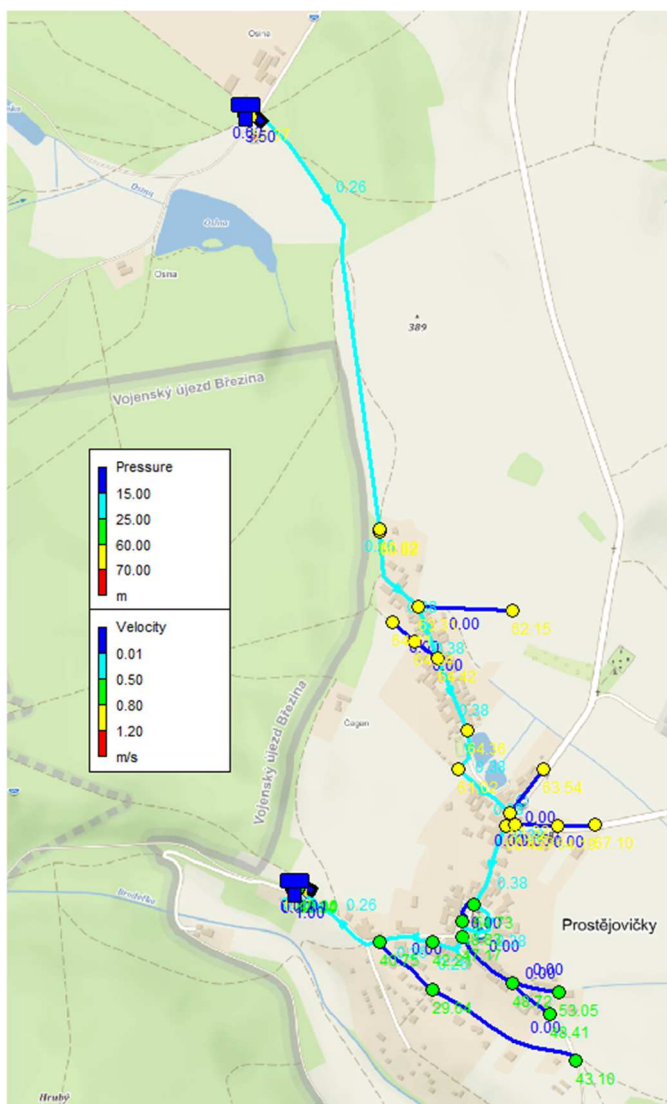
Výstup z modelu byl vytvořen pouze pro provozní stav čerpání – situace na přivaděči je na Obr. 6.6.

Dle modelu je potřeba na ČS Prostějovičky čerpadlo s pracovním bodem $Q=2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ při výtláčné výšce 45 m.

6.6 HYDRAULICKÁ ANALÝZA II. VARIANTY

Při hydraulické analýze této varianty byl na VDJ Prostějovičky umístěn ventil pro udržování tlaku s nastavením na 40 m v. s. a snížen tlak udržovaný ATS Prostějovičky na 35 m v. s. Díky tomu jsou dodrženy požadavky na tlakové poměry v síti – viz Obr.

6.7 Hydraulická analýza: druhá varianta – plnění VDJ bez odběru. Modelován byl stav vyvolující nejvyšší tlaky v rozvodné síti – čerpání do VDJ Prostějovičky v nočních hodinách bez odběru vody.

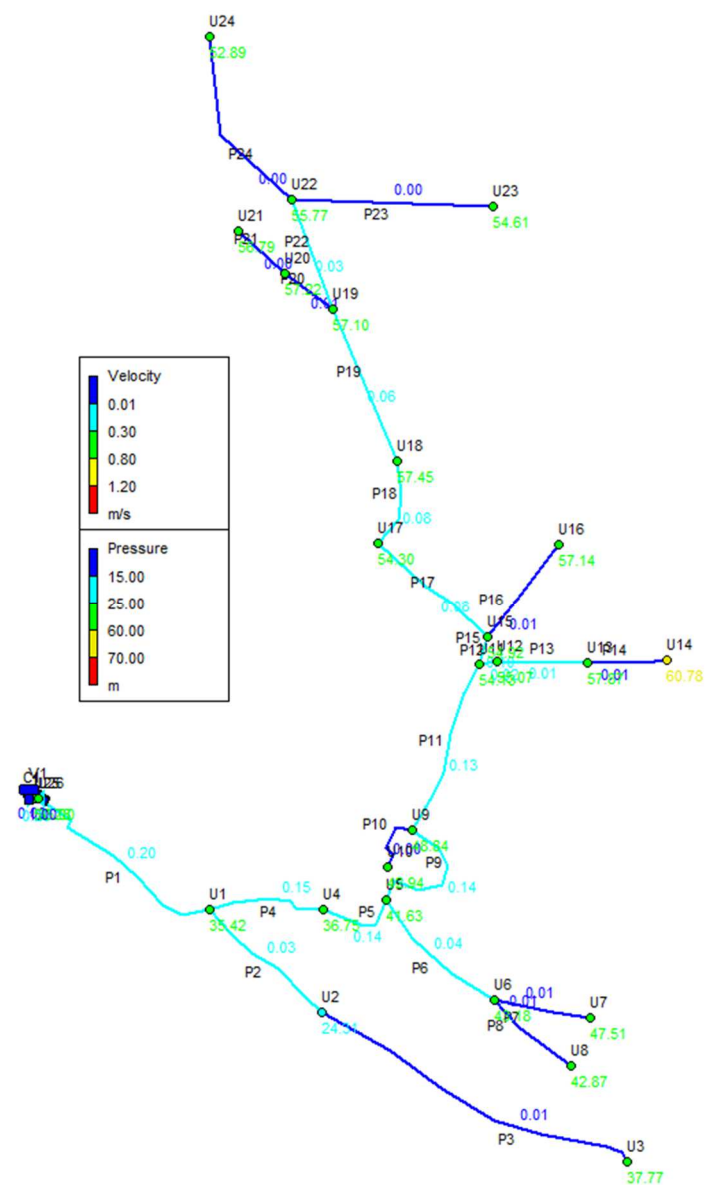


Obr. 6.7 Hydraulická analýza: druhá varianta – plnění VDJ bez odběru

Na Obr. 6.7 je vidět, že celá severní část vodovodní sítě má překročen tlak 0,6 MPa, nikde ale nebyl překročen maximální tlak 0,7 MPa.

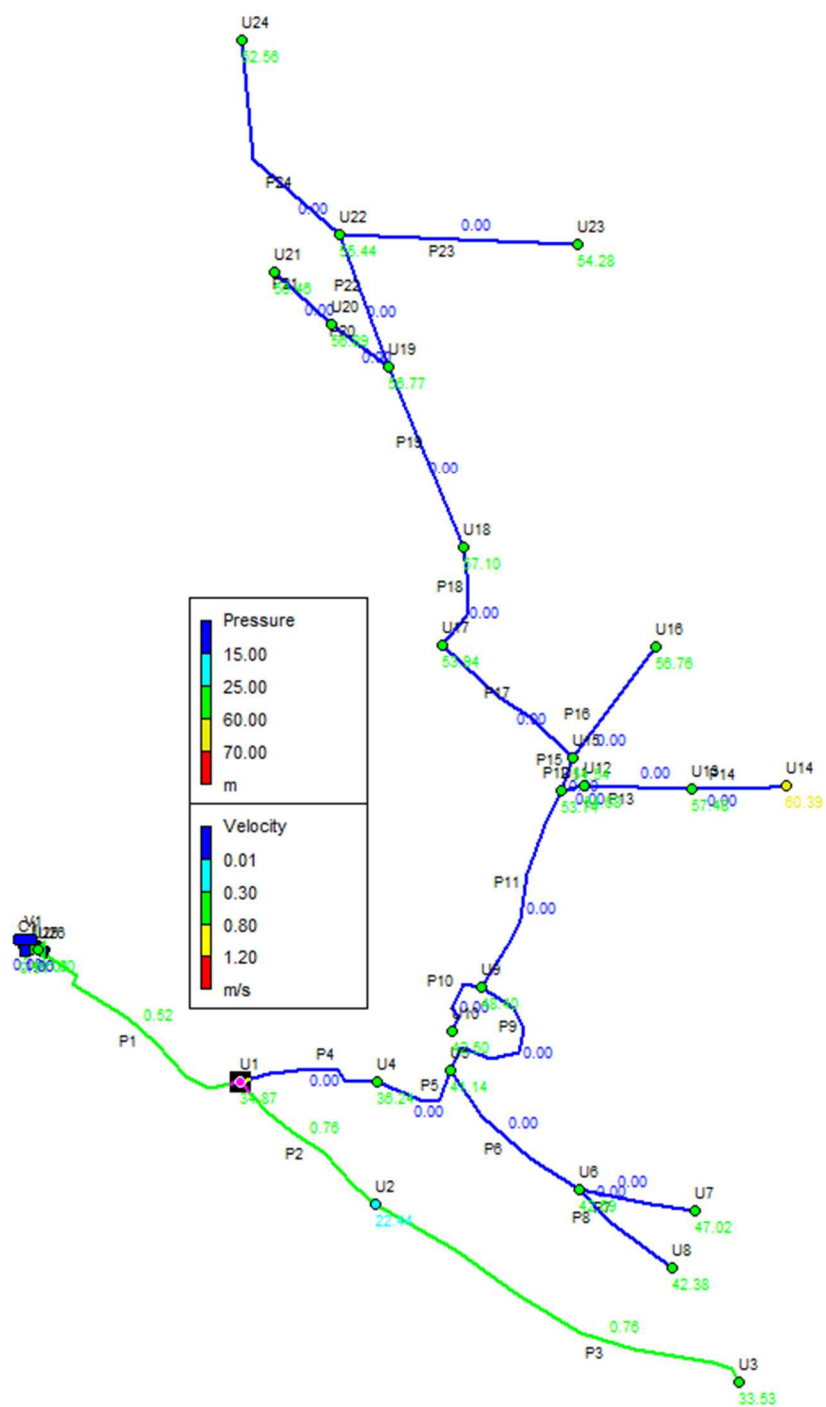
Dle modelu je potřeba na ČS Prostějovičky čerpadlo s pracovním bodem $Q=2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ při výtlačné výšce 66 m.

V případě, že by došlo k požáru a byl potřeba požární odběr z vodovodu, zareaguje na to síť poklesem tlaku pod spínací mez ATS v Prostějovičkách. V řádu sekund dojde k uzavření ventilu plnicího vodojem v Prostějovičkách a řídicí systém vypne čerpadlo na



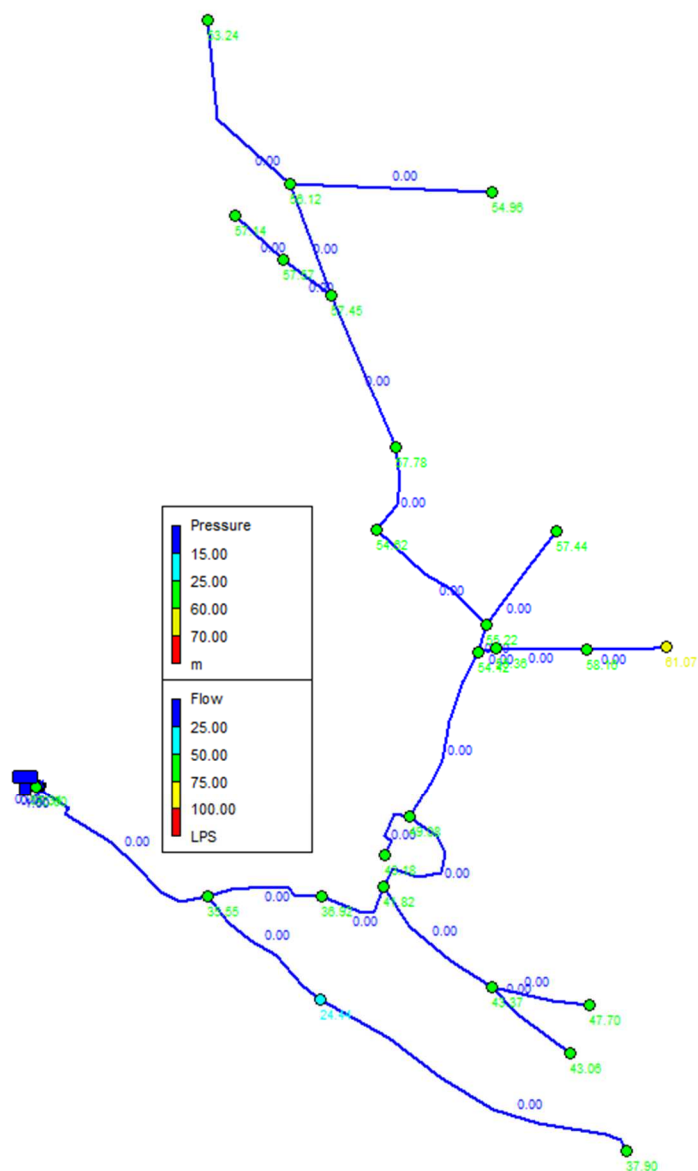
Obr. 6.8 Hydraulická analýza: I. ZS – snížený provozní tlak ATS na 35 m v. s.

ČS u vodojemu Krumsín. Vzhledem k potřebnosti rozdílných tlaků při jednotlivých provozních stavech je navržena změna nastaveného tlaku na ATS Prostějovičky na 35 m v. s. Tlakové poměry v síti pro jednotlivé zatěžovací stavy I. ZS a II. ZS jsou na Obr. 6.8 a Obr. 6.9. Hodnoty hydrostatického tlaku jsou na Obr. 6.10. Modelem bylo prokázáno, že by nemělo dojít k ohrožení zásobování hasební vodou, pokud bude nastavený tlak ATS snížen na 35 m v. s.



Obr. 6.9 Hydraulická analýza: II. ZS – snížený provozní tlak ATS na 35 m v. s.

Stejně jako u současného stavu jsou vidět nízké rychlosti proudění vody v síti. Na Obr. 6.10 je vidět pozitivní dopad snížení provozního tlaku ATS. Kromě koncového hydrantu v nejnižší části zásobovaného území je v celé síti tlak menší než 0,6 MPa.



Obr. 6.10 Hydraulická analýza: hydrostatický tlak – snížený provozní tlak ATS na 35 m v. s.

6.7 DISKUZE VÝSLEDKŮ HYDRAULICKÉ ANALÝZY

Hydraulické analýzy stávajícího stavu a navržených úprav a propojení, které byly popsány v minulých kapitolách, byly provedeny na modelu vodovodní sítě. Každý model je určitým zjednodušením skutečnosti, což zatěžuje výsledky modelu chybou. Stejně tak má vliv na výsledky použitý program, který může výsledky zatížit chybou například kvůli zaokrouhlování.

V modelu byly přípojky jednotlivých domácností ve spotřebišti Prostějovičky nahrazeny odběry v uzlech vodovodní sítě.

Dále byly při výpočtu užity parametry délky a dimenze vodovodních řadů. Vzhledem k tomu, že není jisté, zda nebyly řady zaměřeny až po zasypání, nemusí být délka v zaměření délkou skutečnou. Stejně tak není jisté, zda rozměry potrubí v dokumentaci odpovídají přesně rozměrům ve skutečnosti. Dalším parametrem vstupujícím do výpočtu byla drsnost stěn potrubí. Tato vychází z tabulkové drsnosti podle výpočetního přístupu Colebrook-White. Po diskusi byla pro výpočty zvolena hodnota 0,02 mm, což je oproti doporučeným hodnotám v Tab. 6.2 Drsnosti materiálů [19] zvoleno na stranu bezpečnosti. Drsnost potrubí ve skutečnosti ovšem bude s největší pravděpodobností odlišná.

U Krátké varianty je možným zdrojem provozních problémů periodické střídání směrů proudění vody v rozvodné síti obce Prostějovičky. Dále dojde ke značnému navýšení rychlosti oproti stávajícímu stavu. Směrnice od American Water Works Association, která se zabývá prováděním proplachů sítí, považuje za minimální rychlost nutnou k mobilizování sedimentů $0,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. [33] Při návrhovém stavu dle varianty Krátká ovšem k takovému nárustu rychlostí proudění nedojde. Nicméně, pokud vlastník vodovodu přistoupí k realizaci propojení vodovodů dle této varianty, bude vhodné provést počáteční proplach sítě a následně stanovit plán proplachování sítě tak, aby se předešlo stížnostem odběratelů na senzorické vlastnosti vody. Takové proplachy se doporučuje provádět v nočních hodinách, typicky od 22.00 do 6.00. V tu dobu je síť minimálně využívána. Doporučovaná rychlost proudění v řadu při provádění řízeného protlaku je dle AWWA $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. [33] Při takové rychlosti proudění dojde nejen k odstranění sedimentů z potrubí, ale odstraní se i biofilm z vnitřních stěn. Objem vody použité pro proplach by měl být tři až pětkrát větší, než je objem proplachovaného úseku sítě. [34]

I přes to se ovšem můžou vyskytnout určité problémy. Obyvatelé jsou zvyklí na určitý kvalitativní standard v současnosti dodávané vody – především chuť. Senzorické vlastnosti vody jsou ovlivňovány jejím složením – hlavně obsahem vápníku, hořčíku, může se tedy stát, že po provedení propojení budou určitou dobu zákazníci nespokojení se senzorickými vlastnostmi, zejména s chutí vody.

7 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Pro stanovení pořizovacích nákladů jednotlivých variant propojení byl využit Metodický pokyn pro orientační ukazatele výpočtu pořizovací ceny objektů do Vybraných údajů majetkové a provozní evidence vodovodů a kanalizací, pro Plány rozvoje vodovodů a kanalizací a pro Plány financování obnovy vodovodů a kanalizací, který vydalo Ministerstvo zemědělství s účinností od 24. září 2020. Toto stanovení nákladů je ovšem orientační a přesnější stanovení nákladů bude součástí vyšších stupňů dokumentace. Pro tyto se pak používá nacenění pomocí položkových rozpočtů různých cenových soustav. Nejčastěji se pak jedná o RTS a ÚRS Praha.

Orientační stanovení nákladů dle metodiky vychází z parametrů navrhovaných objektů, u vodovodního řadu konkrétně z délky, profilu a materiálu řadu. Zohledněno je i to, zda je řad veden v nezpevněném či zpevněném povrchu. U čerpací stanice vychází cena z čerpaného množství. Důležitá je také velikost obce – toto je do výpočtu zahrnuto pomocí koeficientu velikosti obce. [35]

Cena stavby může být stanovena dvěma způsoby:

buď pomocí měrného cenového ukazatele:

$$C_{TO} = k \cdot tp \cdot C_{mu}, [35]$$

nebo cenovým ukazatelem:

$$C_{TO} = k \cdot C_u, [35]$$

kde

C_{TO} – cena objektu v Kč,

k – koeficient velikosti obce,

tp – technický parametr objektu (v m, bm, m³ atd.),

C_{mu} – měrný cenový ukazatel,

C_u – cenový ukazatel. [35]

Navržené objekty se nachází v katastrálních územích obcí Krumsín a Prostějovičky. Obě tyto obce spadají dle tohoto metodického pokynu do tzv. ostatních obcí do 1000 obyvatel

včetně a uplatní se u nich při výpočtu koeficient velikosti obce 0,8 – viz Tab. 7.1 převzatá z metodického pokynu.

Tab. 7.1 Koeficient velikosti obce [35]

Číslo položky	Název, respektive skupiny měst a obcí	Koeficient K
1	Praha	1,30
2	Brno, Ostrava	1,20
3	Ostatní statutární města a katastrální území lázeňských míst typu A (viz vyhláška č. 441/2013 Sb.)	1,10
4	Města, která byla k 31. prosinci 2002 sídly okresních úřadů (nejedná se o statutární město) a katastrální území lázeňských míst typu B, C (viz vyhláška č. 441/2013 Sb.)	1,05
5	Ostatní města	1,00
6	Ostatní obce nad 1001 obyvatel	0,90
7	Ostatní obce do 1000 obyvatel včetně	0,80

Navržená řešení počítají s výstavbou různě výkonných čerpacích stanic a s výstavbou různě dlouhých řadů z polyetylenu dimenze DN 80. Hodnota měrného ukazatele za metr potrubí je pak 4 466 Kč ve zpevněném terénu a 3 080 Kč v nezpevněném povrchu. [35] Tento cenový ukazatel zahrnuje základní objekty (kalosvody, vzdušníky, armaturní šachty, běžné podchody pod vodními toky atd.) a úpravu povrchů. Ceny v metodickém pokynu obsahují daň z přidané hodnoty ve výši 21 %. [35]

Tab. 7.2 Pořizovací hodnota řadu – dle variant

Varianta	tp	množství	C_{mu}	k	Dílčí C_{TO}	C_{TO}
			[Kč/bm]	-		
Dlouhá	bm	30	4466	0,8	107 184 Kč	4 283 664 Kč
		1695	3080	0,8	4 176 480 Kč	
Krátká	bm	30	4466	0,8	107 184 Kč	2 329 712 Kč
		902	3080	0,8	2 222 528 Kč	

Stanovení pořizovací ceny čerpacích stanic pro jednotlivé varianty je složitější. Pro „Dlouhou“ variantu je v metodickém pokynu vhodná položka – čerpací stanice s výtlakem do 60 m a průtokem 2 l/s. Pro Krátkou variantu ovšem v metodickém pokynu neexistuje položka. Cena byla odhadnuta na 1,3 milionu korun.

Je důležité si uvědomit, že návrh provedení čerpací stanice má značný vliv na cenu díla. V rámci této studie je navrženo umístění čerpací stanice do prefabrikované šachty se vstupem přes uzamykatelný poklop. Toto řešení je v podstatě nejlevnější možné. Naproti

tomu může být čerpací stanice navržena jako architektonicky i provozně propracovanější objekt. Pro srovnání – čerpací stanice Krumsín s obdobnými parametry jako ČS Prostějovičky ve variantě Krátká byla zhotovitelem naceněna na částku 1 289 713,46 Kč bez DPH (s 21 % DPH tedy cca 1 561 000 Kč). [17] Dá se tedy předpokládat, že kdyby byla zvolena prefabrikovaná betonová šachta, mohla by cena klesnout i pod částku 750 000 Kč.

Tab. 7.3 Pořizovací hodnota čerpacích stanic

Varianta	H	Q	C _u	k	C _{TO}
	[m]	[l/s]	[Kč]	-	[Kč]
Dlouhá	46	2	1 092 000 Kč	0,8	873 600 Kč
Krátká	66	2	1 300 000 Kč	0,8	1 040 000 Kč

Celková cena jednotlivých variant je shrnuta v následující tabulce:

Tab. 7.4 Celkové pořizovací ceny variant

Varianta	Řad	ČS	Celkem
	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Dlouhá	4 283 664 Kč	873 600 Kč	5 157 264 Kč
Krátká	2 329 712 Kč	1 040 000 Kč	3 369 712 Kč

Z Tab. 7.4 vyplývá, že varianta Krátká je na pořízení levnější o cca 1,8 milionu Kč. U této varianty je ovšem větší spotřeba elektrické energie. Byly spočteny náklady na provoz čerpacích stanic s předpokládaným množstvím přečerpané vody dle výpočtu – tj. 17 257,2 m³·rok⁻¹. Při výpočtu byla uvažována pořizovací cena elektrické energie 4000 Kč·MWh⁻¹. Meziroční inflace byla zanedbána vzhledem k proměnlivosti cen elektrické energie v minulých letech. Náklady na elektrickou energii jsou vypočteny v Tab. 7.5.

Tab. 7.5 Náklady na elektrickou energii

Varianta	Spotřeba el. energie	Cena el. energie	Roční náklady	Náklady za 10 let	Náklady za 20 let
	[kWh/rok]	[Kč/kWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Dlouhá	2704	4	10 816 Kč	108 160 Kč	216 319 Kč
Krátká	3880	4	15 519 Kč	155 185 Kč	310 371 Kč

Pro výpočet spotřeby energie byl využit vzorec pro stanovení potřebného elektrického příkonu čerpadla.

$$P_{\zeta} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{\zeta}, [36]$$

kde

$P_{\text{č}}$ – elektrický příkon čerpadla [W],

ρ – hustota kapaliny (pro vodu $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

g – gravitační zrychlení (uvažováno $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$],

Q – čerpané množství [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

H – výtlačná výška čerpadla [m],

$\eta_{\text{č}}$ – celková účinnost soustrojí elektromotor – čerpadlo (uvažováno 0,8) [-]. (36)

Tento vzorec pak byl upraven do následující podoby:

$$E = \rho \cdot g \cdot Q \cdot t \cdot H \cdot \eta_{\text{č}} \div 1000 = \rho \cdot g \cdot V \cdot H \cdot \eta_{\text{č}} \div 1000,$$

kde

E – roční spotřeba [kWh],

T – počet motohodin pro přečerpání požadovaného objemu V [hod],

V – přečerpaný objem (ve výpočtu uvažováno $17\,257,2 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$) [m^3].

Jak je vidět, i po započtení nákladů na elektrickou energii je v horizontu 20 let stále výhodnější varianta Krátká, viz celkový přehled nákladů v Tab. 7.6.

Tab. 7.6 Přehled nákladů včetně elektrické energie

Varianta	Náklady na pořízení	Náklady na el. energii za 20 let	Celkové náklady
	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Dlouhá	5 157 264 Kč	216 319 Kč	5 373 583 Kč
Krátká	3 369 712 Kč	310 371 Kč	3 680 083 Kč

7.1 NÁKLADY OSTATNÍCH OPATŘENÍ

V rámci výstavby propojení vodovodů bude nezbytné provést úpravu vystrojení vodojemu Krumsín. Předpokládané náklady na dokumentaci této úpravy a na její realizaci jsou 200 000 Kč.

7.1.1 Řešení odpadu z VDJ Prostějovičky

Na vodojemu Prostějovičky není zhotoveno odpadní potrubí ze sběrné jímky umístěné v podlaze armaturní komory. Je navrženo nainstalovat stabilní ponorné čerpadlo s výtlakem vyvedeným přes zeď armaturní komory.

Ponorné kalové čerpadlo je navrženo s výtlakem 3 l/s při výtláčné výšce 4 m. Čerpadlo bude opatřeno šroubením pro potřeby výměny a zpětnou klapkou bránící zpětnému průtoku vody z potrubí do vodojemu.

Výtlak by byl zaústěn do příkopu místní komunikace. Otvor v nosné konstrukci bude proveden jádrovým vrtáním, veškerá odhalená výztuž musí být přestěrkována, aby bylo zabráněno její korozi. Prostup bude těsněný článkovým řetězovým těsněním vhodných rozměrů. Navržené potrubí výtlaku kalového čerpadla je PE 100 RC 50x4,6 mm SDR 11. Délka výtlaku bude 9 metrů. Konec potrubí v příkopu bude opatřen žabí klapkou z nerezové oceli doplněnou o koncovou mřížku potrubí. Tím bude zabráněno vniknutí cizích předmětů a zvířat do potrubí. Příkop bude v místě vyústění výtlaku opevněn lomovým kamenem do betonu.

Toto opatření si vyžádá provedení úprav v elektroinstalaci objektu – doplnění rozvaděče o jeden silový vývod spínaný stykačem pomocí PLC. V jímce bude umístěn senzor výšky hladiny. Od něj bude ovládáno čerpadlo a případně rozesílány havarijní zprávy. V logice PLC bude nastaveno počítadlo motohodin čerpadla.

Vzhledem k tomu, že v současné době je vodojem zásobován pouze z vrtů, nehrozí situace, kdy by výpadkem dodávky elektrické energie došlo k odstavení čerpadla a zároveň by byl přeplněn akumulací prostor. V případě, že bude realizováno propojení s vodovodem Krumsín, bude potřeba, aby byl od snímače hladiny v čerpací jímce ovládán nátok na vodojem. V případě možného lokálního přerušení dodávek elektrické energie by mohla ČS Prostějovičky stále čerpat. Tato ČS totiž bude napájena z distribuční sítě obce Krumsín. Pak by snadno mohlo vlivem poruchy regulačních ventilů dojít k přeplnění akumulace a k vytopení armaturní komory. Doporučuje se, aby údaje o dosažení kritické hladiny v čerpací jímce (tj. dosažení horní hrany jímky) byly přenášeny na mobilní telefon určených osob jako havarijní zpráva.

Cenové náklady na zřízení tohoto řešení jsou v Tab. 7.7.

Tab. 7.7 Cenové náklady vstrojení čerpací jímky

Položka	MJ	Počet MJ	Cena za MJ	Cena
			[Kč/MJ]	[Kč]
Čerpadlo	ks	1	15000	15000
Šroubení+zpětná klapka	komplet	1	1000	1000
Potrubí PE 100 RC 50x4,6	bm	9	100	900
Elektrotvarovka koleno 50x50	ks	2	500	1000
Žabí klapka s mřížkou	ks	1	4000	4000
Montážní práce vodo	soubor	1	5000	5000
Jádrové vrtání prostupu, zapravení	soubor	1	6000	6000
Výkopové práce - kompletní	bm	4	2000	8000
Úpravy rozvaděče, doplnění elektroinstalace	komplet	1	14000	14000
Celkem				54900

8 ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce byla vypracována variantní technicko–ekonomická studie propojení vodovodů obcí Krumsín a Prostějovičky. Základním podnětem pro vypracování byly problémy s dodávkou vody v letním období, kdy musela být voda do sítě dovážena v cisternách.

Byly rozpracovány dvě varianty propojení – tzv. varianty Dlouhá a Krátká. Propojení by sloužila v případě zhoršení kvality vody ve zdrojích obce Prostějovičky, případně při potížích s dodávkami vody z těchto zdrojů.

Varianta první – tzv. Dlouhá je z výhodnější z pohledu provozu. Při této variantě by byla voda z VDJ Krumsín vedena do vodojemu Prostějovičky přímo a nedocházelo by k hydraulickým změnám v rozvodné síti obce Prostějovičky. Přibližné náklady na výstavbu této varianty jsou 5 357 264 Kč včetně úprav na VDJ Krumsín. Provozně je tato varianta při předpokládaných odběrech úspornější než varianta druhá. Tento rozdíl v provozních nákladech ovšem dostatečně nekompenzuje rozdíl v pořizovací ceně těchto variant.

Druhá varianta – nazývaná Krátká – má hlavní výhody v celkové nízké nákladnosti a relativní jednoduchosti majetkových poměrů, které pozitivně ovlivní projednávání před úřady. Provozně je to ovšem varianta náročnější. Především je kritické přesné vyregulování řídicích prvků systému tak, aby nemohlo dojít k překročení dovolených tlaků v rozvodné síti. To je způsobeno tím, že mezi dvěma základními provozními stavy (čerpání z VDJ Krumsín a zásobování z ATS Prostějovičky) je navržen rozdíl tlaků na VDJ Prostějovičky 5 m v. s. a závěrový bod čerpadla v ČS Krumsín by při uzavřeném výtlaku překročil povolený tlak ve většině zásobovaného území Prostějoviček. Proto je nezbytné měření tlaku na výtlaku ČS Krumsín, na armaturní šachtě Prostějovičky a v budově VDJ Prostějovičky. Tyto tlaky musí být přenášeny do řídicího systému. Pokud by byl na některém z kontrolovaných míst překročen nastavený tlak, musí být okamžitě snížen výkon čerpadel (pomocí frekvenčních měničů), případně musí být zastaveno čerpání vody do rozvodné sítě obce Prostějovičky. Tím pádem se zabrání i překročení dovolených přetlaků na síti způsobených nesprávnou manipulací s uzavěry, případně havárií při poruše regulačního ventilu na VDJ Prostějovičky. Přibližné náklady na pořízení této varianty byly stanoveny na 3 569 712 Kč včetně úprav na VDJ Krumsín.

Varianta Krátká je vlastníkem vodovodu preferovaná – důvodem je nejen menší rozsah prací a díky tomu nižší ekonomická náročnost projektu, ale také fakt, že druhá varianta by byla vedena přes území ve vlastnictví Ministerstva obrany České republiky a přes několik parcel ve vlastnictví soukromých osob. Varianta Krátká by byla vedena pouze po pozemcích ve vlastnictví obcí Krumsín a Prostějovičky. Stavba se ovšem i tak nachází v blízkosti vojenského újezdu Březina a je tedy nezbytné souhlasné stanovisko Ministerstva obrany, sekce nakládání s majetkem.

Dále bylo navrženo řešení zapomenutého odpadu z jímky vodojemu Prostějovičky, kdy se na tento při výstavbě spodní konstrukce vodojemu zapomnělo a v současné době jej řeší provozovatel čerpáním přenosným elektrickým ponorným čerpadlem s hadicí vyvedenou skrz dveře objektu. Toto řešení je nejen nekomfortní, ale při poruše vystrojení vodojemu, či při překročení maximální hladiny ve vodojemu může rychle dojít k překročení kapacity jímky a k zaplavení objektu. To by mohlo vést až k poškození elektroinstalace objektu nebo zničení ATS, která je umístěna v podzemí. Teoreticky by mohlo dojít k úplnému zaplavení vodojemu a zničení hlavního rozvaděče. Vstupní dveře jsou s těsněním a pokud by nepovolily vlivem tlaku, stoupala by voda dál a zaplavila i tento rozvaděč. V tu chvíli by ale nejpozději při současném stavu došlo k vybavení ochrany a zastavení nátoky na vodojem. V návrhovém stavu s propojením by ovšem k tomuto zastavení nemuselo dojít.

Bylo proto navrženo řešení tohoto problému spočívající v instalaci stabilního kalového čerpadla s výtlakem vyvedeným trvale ven z objektu do přilehlého cestního příkopu. Náklady na takové řešení jsou stanoveny přibližně na 54 900 Kč. Tyto náklady jsou nižší než pravděpodobné náklady na opravu ATS v případě zaplavení spodního podlaží. Doporučuje se proto zvážit toto nápravné opatření a zrealizovat jej v dohledné době.

Důležité je také zvážit, jaké bude reálné využití propojení vodovodů. Pokud bude využití občasné, bude vhodné řešení odlišné od řešení vhodného pro plné zásobování obce. Důležitým faktorem je také stabilita současných zdrojů vody v čase. Pokud by se měla značně zhoršit kvalita vody (v současné době se řeší pouze radon), nebo by mělo dojít k vyčerpání lokálních zdrojů, mohla by být vhodnější varianta Dlouhá i přes vyšší nákladnost a problematiku vlastnictví pozemků. Autor doporučuje vzhledem k výše uvedenému další projekční přípravu Krátké varianty. Volba finální varianty k realizaci je ovšem plně v kompetenci vlastníka vodovodu – obce Prostějovičky a jejího

zastupitelstva. V následujících letech se dá navíc předpokládat vypsání dotačního titulu na propojování vodovodů – takový dotační titul byl vypsán letos a tento projekt by se o dotaci mohl ucházet.

9 SUMMARY

This bachelor thesis describes the study of interconnection of two municipal water supply systems. This feasibility study presents a solution for shortage of water in water distribution system of village Prostějovičky in Prostějov district (Czechia). To solve this problem, a connection with the Krumsín water distribution system was chosen. This water distribution system is connected to Pomoraví group water supply. This water system is supplied with water from Prostějov's water sources.

The first part of this bachelor thesis is an overview of basic technical standards and legislative regulations which are related to construction and design of water supply systems. The next part describes current state of both water mains of villages Krumsín and Prostějovičky. In the third part, possible interconnections are introduced. This part also includes the designs of pumping stations for both chosen solutions.

The next part is about the hydraulic analysis of the current water distribution system of village Prostějovičky and an analysis of possible interconnections. It has been found that the set pressure of automated pumping station Prostějovičky can be lowered without risks of breaching legal requirements for pressure in water distribution systems and requirements for fire-fighting water supply. This was crucial for the Krátká variant of interconnection, which operates with pressure differences in states of pumping and distribution.

Last part submits cost estimates of both solutions. Costs were calculated using the methodological instructions of Ministry of Agriculture of Czech Republic. Electricity costs were also considered in the final decision-making process.

In the end, the Krátká variant of interconnection was recommended. But the final decision as to which solution will be used, depends on the preferences of the water distribution system owner – Village Prostějovičky.

10 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] TEICHMANN, Marek a František KUDA. *Hodnocení a obnova vodárenských sítí*. [Praha]: Professional Publishing, 2018. ISBN 9788088260264.
- [2] TESAŘÍK, Igor. *Vodárenství*. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985. 487 s.
- [3] GRÜNWALD, Alexander. *Vodárenství*. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8090246079.
- [4] NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9946-5.
- [5] *Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů*. In: . Sběrka zákonů, 2001.
- [6] OŠLEJŠEK, Jiří, Bohuslav PIVODA, Milan ŠEREK a Igor TESAŘÍK. *Vodárenství a balneotechnika*. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1979.
- [7] VIŠŇOVSKÝ, Peter a Augustin SUKOVITÝ. *Vodárenství II: úprava a akumulace vody, zásobování průmyslu a zemědělství vodou*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1971.
- [8] ROTH, Jaroslav. *Vodárenství I*. Praha: SNTL, 1970.
- [9] ŠTÍCHA, Václav a Atanas G. CUREV. *Vodárenství: Zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1969.
- [10] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA, Jaroslav RACLAVSKÝ. *Vodárenství: Doprava vody*. Brno: Vysoké učení technické. 2006.
- [11] ČSN 75 5301: *Vodárenské čerpací stanice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [12] KŘENEK, Vladimír. Protokol o určování vnějších vlivů. *Západočeská univerzita v plzni* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v plzni [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~sarka/PTC%20pro%20studenty/Protokol%20o%20ur%C4%8Den%C3%AD%20vn%C4%9Bj%C5%A1%C3%ADch%20vliv%C5%AF.pdf>.

- [13] NÁVOD PRO OBNOVU KATASTRÁLNÍHO OPERÁTU A PŘEVOD: Ve znění dodatku č. 1 ze dne 18. prosince 2018, č.j. ČÚZK-14085/2018-22, účinného od 1. ledna 2019. *Český úřad zeměměřičský a katastrální* [online]. Praha: Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2019 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: https://www.cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Navody-CUZK/Navod_150150022.aspx
- [14] *Počet obyvatel v jednotlivých obcích* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2020 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112019>
- [15] MOTL, Ivo. Územní plán Krumsín. *Obec Krumsín* [online]. Brno, 2009 [cit. 2021-4-23]. Dostupné z: https://krumsin.cz/assets/File.ashx?id_org=7520&id_dokumenty=48260
- [16] *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Olomouckého kraje* [online]. 2018 [cit. 2021-3-2]. Dostupné z: <https://prvk.olkraj.cz/prvk/karty/nahled/454>
- [17] *Smlouva o dílo: Vodohospodářská infrastruktura obce Krumsín – zásobování pitnou vodou*. Krumsín, 2019.
- [18] Dokumentace provádění stavby zpracovaná firmou AQUA PROCON, Brno, 2019
- [19] INSTA a OBEC KRUMSÍN. *Dohoda provozovatelů vodovodů provozně souvisejících*. Olomouc, 2021.
- [20] *Smlouva o dílo: Vodovod Prostějovičky*. Prostějovičky, 2015.
- [21] Dokumentace skutečného provedení vodovodu Prostějovičky, zpracováno firmou Geo Marchovsky, 2016
- [22] Podklady od provozovatele – seznam hydrantů na síti – poskytl Ing. Aleš Zapletal
- [23] ZAPLETAL, Aleš. *Provozní řád vodovodu Prostějovičky*. Plumlov, 2020.
- [24] *Povolení k nakládání s vodami z vrtu HV1*. Prostějov, 2008.
- [25] *Povolení k nakládání s vodami z vrtu HV2*. Prostějov, 2018.
- [26] Dokumentace povolení stavby zpracovaná firmou AQUA PROCON, Brno, 2017

- [27] Podklady od vlastníka – *Protokol o zkoušce vodotěsnosti nádrže 1* – poskytla Zdeňka Růžicková, starostka
- [28] Podklady od vlastníka – *Protokol o zkoušce vodotěsnosti nádrže 2* – poskytla Zdeňka Růžicková, starostka
- [29] JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-739-0.
- [30] BRADA, Karel a Petr HLAVÍNEK. *Čerpadla ve vodním hospodářství*. Brno: NOEL 2000, 2004. ISBN 80-860-2043-6.
- [31] ROSSMAN, Lewis A. *EPANET 2: Users manual*. Cincinnati, OH: National RiskManagement Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, 2000
- [32] ZAPLETAL, Aleš. *VODOVOD Prostějovičky: Výroční zpráva provozovatele za rok 2018*. Plumlov: VAK s.o. Plumlov-Vícov, 2019.
- [33] MACEK, Lubomír a Jan ŠKRIPKO. *Porovnání konvenčního a jednosměrného proplachování vodovodní sítě* In: *Voda Zlín 2014: Sborník příspěvků*. Zlín: Moravská vodárenská, a.s., 2014. ISBN 978-80-905716-0-0.
- [34] Dezinfekce vodovodních řadů. *Vodovod.info* [online]. 11. prosinec 2013 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/extra/tema/232-dezinfekce-vodovodnich-radu#.Xe6h1-hKjIU>
- [35] *Metodický pokyn pro orientační ukazatele výpočtu pořizovací (aktualizované) ceny objektů do Vybraných údajů majetkové evidence vodovodů a kanalizací, pro Plány rozvoje vodovodů a kanalizací a pro Plány financování obnovy vodovodů a kanalizací*. Ministerstvo zemědělství, 2020. [cit. 2021-04-18] Dostupné také z: http://eagri.cz/public/web/file/666486/Upraveny_MP_ceny.pdf
- [36] BEDNÁŘ, Josef. *Čerpadla: (vodárenství a kanalizace)*. Blansko: Marcela Bednářová, 2015. ISBN 9788090543720.
- [37] Mapový portál [online].[cit.2021-02-14]. Dostupné z WWW: mapy.cz
- [38] Mapový portál [online].[cit.2021-03-08]. Dostupné z WWW: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>.

[39] Drsnost potrubí. *Vodovod.info* [online]. 2013 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <http://vodovod.info/index.php/extra/tabulky/196-drsnost-potrubí#.XcfnBzNKjIU>

[40] Fotografie z archivu starostky obce Zdeňky Růžičkové

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Geometrické parametry a přesnost polygonových pořadů [13].....	13
Tab. 4.1 Přehled řadů dle materiálu, dimenze a délky [21]	20
Tab. 4.2 Hydranty na síti [22].....	21
Tab. 4.3 Povolený odběr HV1 [24].....	21
Tab. 4.4 Povolený odběr HV2 [25].....	22
Tab. 5.1 Vstupní parametry výpočtu čerpadla – varianta „Dlouhá“.....	28
Tab. 5.2 Výpočet výtlačné výšky – varianta „Dlouhá“	29
Tab. 5.3 Vstupní hodnoty pro výpočet ČS – varianta "Krátká"	31
Tab. 5.4 Výpočet výtlačné výšky – varianta „Krátká“	32
Tab. 6.1 Stanovení potřeby vody	37
Tab. 6.2 Drsnosti materiálů [19].....	38
Tab. 6.3 Stanovení průměru fiktivního VDJ Prostějovičky.....	39
Tab. 7.1 Koeficient velikosti obce [35]	53
Tab. 7.2 Pořizovací hodnota řadu – dle variant	53
Tab. 7.3 Pořizovací hodnota čerpacích stanic.....	54
Tab. 7.4 Celkové pořizovací ceny variant	54
Tab. 7.5 Náklady na elektrickou energii.....	54
Tab. 7.6 Přehled nákladů včetně elektrické energie	55
Tab. 7.7 Cenové náklady vystrojení čerpací jímky	57

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Vodojem před spotřebišťem [4]	8
Obr. 2.2 Vodojem ve spotřebišti [4]	8
Obr. 2.3 Koncový vodojem – průběh tlaků [4]	9
Obr. 2.4 Vodojem před a za spotřebišťem [4]	9
Obr. 4.1 Poloha zájmového území [13]	15
Obr. 4.2 Pohled na ČS Krumsín [autor]	17
Obr. 4.3 Armaturní šachta "U Dětského hřiště" [autor]	17
Obr. 4.4 VDJ Krumsín – stav k 5/2021 [autor]	18
Obr. 4.5 Vystrojení VDJ Krumsín – stav 26. 5. 2021 [autor]	19
Obr. 4.6 Pohled na budovu VDJ [40]	22
Obr. 4.7 Geovědní mapa lokality [17]	23
Obr. 4.8 Pohled na VDJ při výstavbě [40]	24
Obr. 4.9 Pohled ze vstupních dveří [autor]	26
Obr. 4.10 ATS Delfín [autor]	26
Obr. 4.11 Armaturní vystrojení pro akumulaci [autor]	26
Obr. 4.12 Jímka v armaturní komoře [autor]	26
Obr. 5.1 Výřez z přehledné situace	30
Obr. 6.1 Geometrie stávající sítě	40
Obr. 6.2 Hydraulická analýza: stávající stav – hydrostatický tlak	41
Obr. 6.3 Hydraulická analýza: rychlosti a tlakové poměry v síti při stávajícím nastavení – I. ZS	42
Obr. 6.4 Hydraulická analýza: rychlosti a tlakové poměry při stávajícím nastavení – II. ZS	43
Obr. 6.5 Hydraulická analýza: rychlosti a tlakové poměry při tlaku ATS 40 m v. s. – II. ZS hydrant HP11	44

Obr. 6.6 Hydraulická analýza: první varianta po umístění ventilu.....	46
Obr. 6.7 Hydraulická analýza: druhá varianta – plnění VDJ bez odběru	47
Obr. 6.8 Hydraulická analýza: I. ZS – snížený provozní tlak ATS na 35 m v. s.....	48
Obr. 6.9 Hydraulická analýza: II. ZS – snížený provozní tlak ATS na 35 m v. s.	49
Obr. 6.10 Hydraulická analýza: hydrostatický tlak – snížený provozní tlak ATS na 35 m v. s.	50

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ATS – automatická tlaková stanice

ČS – čerpací stanice

DMR – digitální model reliéfu

DN – jmenovitá světlost

DPS – dokumentace pro povolení stavby

DSPS – dokumentace skutečného provedení stavby

DÚR – dokumentace pro územní rozhodnutí

IČME – identifikační číslo majetkové evidence

MaR – měření a regulace

NP – nadzemní podlaží

PBŘ – požárně bezpečnostní řešení

PE – polyetylen

PLC – programovatelný logický automat

RC – resistant to cracking – odolný praskání

RS – rozvodná síť

SDR – standard dimension ratio – odpovídá přibližně poměru vnějšího průměru a tloušťky stěny potrubí

VDJ – vodojem

SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Přehledná situace vodovodu – varianta Krátká
- 2 Přehledná situace vodovodu – varianta Dlouhá
- 3 Průtokové schema variant
- 4 Půdorys vystrojení VDJ Krumsín
- 5 Situace ČS Prostějovičky
- 6 Protokol výpočtu geodetického měření locality
- 7 Výpočet uzlových odběrů v zatěžovacích stavech I a II
- 8 Výpis dotčených pozemků v jednotlivých variantách
- 9 Přehledný podélný profil – Varianta Dlouhá
- 10 Přehledný podélný profil – Varianta Krátká

PŘÍLOHA Č. 6 VÝPOČET GEODETICKÉHO MĚŘENÍ
SEZNAM SOUŘADNIC - dané body

CB	Y	X	Z	T	
096000000505	567698.25	1138118.88	0.00	3	PPBP
000934092350	567233.06	1138441.72	393.21	3	ZHB
000934092030	565189.76	1131392.89	364.70	3	ZHB
000934090100	565404.28	1133612.48	370.83	3	ZHB
096003154001	567366.28	1138275.92	389.47	3	GNSS
096003154002	567331.22	1138316.56	388.87	3	GNSS
096003154003	567387.08	1138255.61	390.25	3	GNSS

polární metoda

stanovisko 096003154002, výška stroje=1.54 Y=567331.22 X=1138316.56 Z=388.87

orientace	td	m.délka	měř.směr	vert.úhel	Y	X	Z
			[gra]	[gra]			
096003154001	2	53.664	399.5928	99.0004	567366.280	1138275.920	389.470
096003154003	2	82.669	397.6060	98.7966	567387.080	1138255.610	390.250

výpočet pevného stanoviště:

bod	směrník	délka XY	Z vyp.	or.pos.	ds	dz
	[gra]			[gra]		
096003154001	154.6842	53.673	389.453	155.0914	0.021	-0.017
096003154003	152.7723	82.676	390.173	155.1663	0.028	-0.077

výsledný orientační posun = 155.1368 gra; střední chyba or. pos. = 0.0366 gra

výpočet podrobných bodů

podrobných bodů spočteno: 2

celkem podrobných bodů: 2

polární metoda

stanovisko 096011115004, výška stroje=1.58 Y=567276.00 X=1138370.60 Z=389.05

orientace	td	m.délka	měř.směr	vert.úhel	Y	X	Z
			[gra]	[gra]			
096011115003	2	191.861	0.0002	99.5930	567410.022	1138233.366	390.219

výpočet pevného stanoviště:

bod	směrník	délka XY	Z vyp.	or.pos.	ds	dz
	[gra]			[gra]		
096011115003	150.7551	191.821	390.207	150.7549	-0.019	-0.012

výsledný orientační posun=150.7549 gra; orientace bez kontroly

výpočet podrobných bodů

podrobných bodů spočteno: 5

096011111031	567265.58	1138377.29	388.85	3
096011114011	567263.40	1138377.99	388.82	3
096011114444	567239.57	1138401.83	390.08	3
096011115005	567207.46	1138427.06	389.43	3

stanovisko 096011115003, výška stroje=1.60 Y=567410.02 X=1138233.37 Z=390.22

orientace	td	m.délka	měř.směr	vert.úhel	Y	X	Z
			[gra]	[gra]			
096011115004	2	191.855	167.0968	100.3658	567276.003	1138370.603	389.048
096011115004	2	191.846	167.0972	100.3646	567276.003	1138370.603	389.048

výpočet pevného stanoviska:

bod	směrník	délka XY	Z vyp.	or.pos.	ds	dz
		[gra]		[gra]		
096011115004	350.7551	191.821	389.069	183.6583	-0.014	0.021
096011115004	350.7551	191.821	389.073	183.6579	-0.005	0.025

výsledný orientační posun = 183.6581 gra; střední chyba or. pos. = 0.0002 gra

výpočet podrobných bodů

podrobných bodů spočteno: 10

096011115002	567417.33	1138205.52	388.71	3
096011111021	567418.80	1138212.02	389.17	3
096011111022	567407.70	1138235.37	390.27	3
096011111023	567392.68	1138249.04	390.32	3
096011111024	567390.41	1138251.61	390.27	3
096011114010	567387.09	1138255.66	390.19	3
096011111025	567378.59	1138265.24	389.90	3
096011111026	567373.59	1138271.05	389.72	3
096011111027	567370.24	1138274.53	389.59	3
096011111028	567362.34	1138283.37	389.17	3

stanovisko 096011115002, výška stroje=1.55 Y=567417.33 X=1138205.52 Z=388.71

orientace	td	m.délka	měř.směr	vert.úhel	Y	X	Z
			[gra]	[gra]			
096011115003	2	28.838	276.9424	96.4286	567410.022	1138233.366	390.219
096011115003	2	28.836	276.9426	96.4286	567410.022	1138233.366	390.219
096011115003	2	28.839	76.9436	303.5740	567410.022	1138233.366	390.219

výpočet pevného stanoviska:

bod	směrník [gra]	délka XY	Z vyp.	or.pos. [gra]	ds	dz
096011115003	383.6579	28.785	390.229	106.7155	-0.005	0.009
096011115003	383.6579	28.785	390.229	106.7153	-0.003	0.009
096011115003	383.6579	28.785	390.230	106.7143	-0.005	0.011

výsledný orientační posun = 106.7151 gra; střední chyba or. pos. = 0.0004 gra

výpočet podrobných bodů

podrobných bodů spočteno: 3

096011115001	567498.30	1138196.95	393.32	3
096011111011	567421.78	1138184.89	387.88	3
096011111012	567421.58	1138184.63	387.88	3

stanovisko 096011115001, výška stroje=1.58 Y=567498.30 X=1138196.95 Z=393.32

orientace	td	m.délka	měř.směr [gra]	vert.úhel [gra]	Y	X	Z
096011115002	2	81.551	206.0794	103.5364	567417.331	1138205.524	388.712

výpočet pevného stanoviska:

bod	směrník [gra]	délka XY	Z vyp.	or.pos. [gra]	ds	dz
096011115002	306.7141	81.422	388.721	100.6347	0.005	0.009

výsledný orientační posun=100.6347 gra; orientace bez kontroly

výpočet podrobných bodů

podrobných bodů spočteno: 1

096011116001	567620.02	1138195.74	394.05	3
--------------	-----------	------------	--------	---

stanovisko 096011116001, výška stroje=1.61 Y=567620.02 X=1138195.74 Z=394.05

orientace	td	m.délka	měř.směr [gra]	vert.úhel [gra]	Y	X	Z
096011115001	2	121.735	147.8004	100.0926	567498.301	1138196.953	393.318

výpočet pevného stanoviska:

bod	směrník [gra]	délka XY	Z vyp.	or.pos. [gra]	ds	dz
096011115001	300.6355	121.730	393.331	152.8351	0.006	0.013

výsledný orientační posun=152.8351 gra; orientace bez kontroly

výpočet podrobných bodů

podrobných bodů spočteno: 6

096011114004	567694.98	1138113.80	394.72	3
096011111001	567616.24	1138200.71	393.99	3
096011111002	567617.69	1138200.93	393.81	3
096011111003	567618.30	1138200.94	393.77	3
096011111004	567611.70	1138222.75	394.09	3
096011111005	567581.63	1138198.46	395.46	3

=====

celkem podrobných bodů: 25

polární metoda

stanovisko 096011114004, výška stroje=1.59 Y=567694.98 X=1138113.80 Z=394.72

orientace	td	m.délka	měř.směr	vert.úhel	Y	X	Z
----- [gra] --- [gra] -----							
096011116001	2	111.027	276.1596	100.5378	567620.024	1138195.738	394.047

výpočet pevného stanoviště:

bod	směrník	délka XY	Z vyp.	or.pos.	ds	dz
----- [gra] -----				[gra]		
096011116001	352.8333	111.050	394.069	76.6737	0.037	0.022

výsledný orientační posun=76.6737 gra; orientace bez kontroly

výpočet podrobných bodů

podrobných bodů spočteno: 2

096011115104	567276.02	1138370.62	389.06	3	vypočteno dvakrát,
--------------	-----------	------------	--------	---	--------------------

poloha určena průměrem obou výpočtů

polární metoda

stanovisko 096011115005, výška stroje=1.56 Y=567207.46 X=1138427.06 Z=389.43

orientace	td	m.délka	měř.směr	vert.úhel	Y	X	Z
----- [gra] --- [gra] -----							
000934092350	2	29.788	215.9448	91.6506	567233.060	1138441.720	393.210
000934090100	2	0.000	371.8818	100.2782	565404.280	1133612.480	370.830

výpočet pevného stanoviště:

bod	směrník	délka XY	Z vyp.	or.pos.	ds	dz
----- [gra] -----				[gra]		
000934092350	66.8922	29.504	393.241	250.9474	-0.026	0.031
000934090100	222.8135	5141.168		250.9317	0.000	

výsledný orientační posun = 250.9318 gra; střední chyba or. pos. = 0.0012 gra

výpočet podrobných bodů

SEZNAM SOUŘADNIC vypočtené body

=====

CB	Y	X	Z	T

096011115003	567410.02	1138233.37	390.22	3
096011115004	567276.00	1138370.60	389.05	3
096011111031	567265.58	1138377.29	388.85	3
096011114011	567263.40	1138377.99	388.82	3
096011114444	567239.57	1138401.83	390.08	3
096011115005	567207.46	1138427.06	389.43	3
096011115002	567417.33	1138205.52	388.71	3
096011111021	567418.80	1138212.02	389.17	3
096011111022	567407.70	1138235.37	390.27	3
096011111023	567392.68	1138249.04	390.32	3
096011111024	567390.41	1138251.61	390.27	3
096011114010	567387.09	1138255.66	390.19	3
096011111025	567378.59	1138265.24	389.90	3
096011111026	567373.59	1138271.05	389.72	3
096011111027	567370.24	1138274.53	389.59	3
096011111028	567362.34	1138283.37	389.17	3
096011115001	567498.30	1138196.95	393.32	3
096011111011	567421.78	1138184.89	387.88	3
096011111012	567421.58	1138184.63	387.88	3
096011116001	567620.02	1138195.74	394.05	3
096011114004	567694.98	1138113.80	394.72	3
096011111001	567616.24	1138200.71	393.99	3
096011111002	567617.69	1138200.93	393.81	3
096011111003	567618.30	1138200.94	393.77	3
096011111004	567611.70	1138222.75	394.09	3
096011111005	567581.63	1138198.46	395.46	3
096096016102	567723.17	1138095.46	394.97	3
096000000505	567698.25	1138118.88	0.00	3
096011116002	567723.01	1138095.35	394.81	3
096011114003	567694.57	1138116.63	394.68	3
096011111111	567745.86	1138083.30	394.51	3
000934092350	567233.06	1138441.72	393.21	3
000934092030	565189.76	1131392.89	364.70	3
000934090100	565404.28	1133612.48	370.83	3
096011115104	567276.02	1138370.62	389.06	3

Příloha č. 8 Výpis dotčených parcel

Varianta Krátká

Kat. území	Číslo parcely	Vlastník	Kultura
Krumsín	903/4	Obec Krumsín, č. p. 2, 79803 Krumsín	Lesní pozemek
Krumsín	1317	Obec Krumsín, č. p. 2, 79803 Krumsín	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Krumsín	1178	Obec Krumsín, č. p. 2, 79803 Krumsín	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Krumsín	1320	Obec Krumsín, č. p. 2, 79803 Krumsín	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Prostějovičky	561	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Prostějovičky	440/2	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	TTP
Prostějovičky	440/1	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	TTP
Prostějovičky	547/1	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Prostějovičky	670/1	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	TTP
Prostějovičky	670/4	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	TTP

ve vlastnictví obcí

mimo vlastnictví obcí

Varianta Dlouhá

Kat. území	Číslo parcely	Vlastník	Kultura
Krumsín	903/4	Obec Krumsín, č. p. 2, 79803 Krumsín	Lesní pozemek
Krumsín	1317	Obec Krumsín, č. p. 2, 79803 Krumsín	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Krumsín	1178	Obec Krumsín, č. p. 2, 79803 Krumsín	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Krumsín	1320	Obec Krumsín, č. p. 2, 79803 Krumsín	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Prostějovičky	561	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Prostějovičky	440/2	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	TTP
Prostějovičky	440/1	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	TTP
Prostějovičky	547/1	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Prostějovičky	670/1	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	TTP
Prostějovičky	670/4	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	TTP
Prostějovičky	546	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Osina	158	Česká republika	Les jiný než hospodářský
		Vojenské lesy a statky ČR, s.p., Pod Juliskou 1621/5, Dejvice, 16000 Praha 6	
Osina	157	Česká republika	Les jiný než hospodářský
		Vojenské lesy a statky ČR, s.p., Pod Juliskou 1621/5, Dejvice, 16000 Praha 6	
Prostějovičky	442/8	Česká republika	TTP
		Vojenské lesy a statky ČR, s.p., Pod Juliskou 1621/5, Dejvice, 16000 Praha 6	
Prostějovičky	51	Hájková Světlana Ing., Jana Peštuky 1323, Kojetín I-Město, 75201 Kojetín	TTP
Prostějovičky	53/1	Hájková Světlana Ing., Jana Peštuky 1323, Kojetín I-Město, 75201 Kojetín	Orná půda
Prostějovičky	45/5	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	Orná půda
Prostějovičky	45/4	Kobza Tomáš, č. p. 3, 79803 Prostějovičky	Orná půda
Prostějovičky	564/1	Česká republika	Ostatní plocha, ostatní komunikace
Prostějovičky		Vojenské lesy a statky ČR, s.p., Pod Juliskou 1621/5, Dejvice, 16000 Praha 6	
Prostějovičky	233	Obec Prostějovičky, č. p. 67, 79803 Prostějovičky	Orná půda

ve vlastnictví obcí

mimo vlastnictví obcí